

**PENGARUH PEKERJAAN SEBAGAI PEMBAKAR GENTENG TRADISIONAL  
TERHADAP KADAR CO DALAM NAPAS DAN SATURASI OKSIGEN  
(SPO<sub>2</sub>) PADA LAKI-LAKI DEWASA DI DESA BULOKARTO  
KABUPATEN PRINGSEWU**

Oleh:

Marwah Aulia Izzati

(Skripsi)



FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG

2025

**PENGARUH PEKERJAAN SEBAGAI PEMBAKAR GENTENG TRADISIONAL  
TERHADAP KADAR CO DALAM NAPAS DAN SATURASI OKSIGEN  
(SPO<sub>2</sub>) PADA LAKI-LAKI DEWASA DI DESA BULOKARTO  
KABUPATEN PRINGSEWU**

**Oleh**

**MARWAH AULIA IZZATI**

**2158011016**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar**

**SARJANA KEDOKTETAN**

**Pada**

**Fakultas Kedokteran  
Universitas Lampung**



**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

Judul Skripsi : **: Pengaruh Pekerjaan sebagai Pembakar Genteng Tradisional terhadap Kadar CO dalam Napas dan Saturasi Oksigen pada Laki-Laki Dewasa di Desa Bulukarto Kabupaten Pringsewu**

Nama Mahasiswa : **Marwah Aulia Izzati**

No. Pokok Mahasiswa : 2158011016

Program Studi : Pendidikan Kedokteran

Fakultas : Kedokteran



1. Komisi Pembimbing

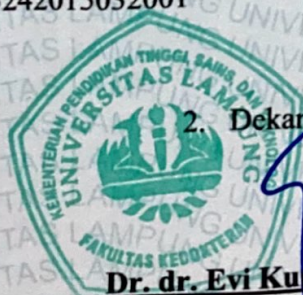
**Dr. dr. Retno Ariza S., Sp.P(K).**

**FCCP, FISR**

**NIP. 196703242015032001**

**Ramadhana Komala, S.Gz, M.Si**

**NIP. 1991032420220331006**



2. Dekan Fakultas Kedokteran

**Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc**

**NIP 197601202003122001**

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji : **Dr. dr. Retno Ariza S., Sp.P(K), FCCP, FISR**

Sekretaris : **Ramadhana Komala, S.Gz, M.Si**

Penguji Bukan Pembimbing : **Dr. Si. dr. Syazili Mustofa, S.Ked M. Biomed**

2. Dekan Fakultas Kedokteran

**Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc**

**NIP 197601202003122001**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 10 Januari 2025**



*[Handwritten signatures of Dr. dr. Retno Ariza S., Sp.P(K), FCCP, FISR; Ramadhana Komala, S.Gz, M.Si; and Dr. Si. dr. Syazili Mustofa, S.Ked M. Biomed]*

*[Handwritten signature of Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc]*

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya, bahwa:

1. Skripsi dengan judul **“PENGARUH PEKERJAAN SEBAGAI PEMBAKAR GENTENG TRADISIONAL TERHADAP KADAR CO DALAM NAPAS DAN SATURASI OKSIGEN (SPO<sub>2</sub>) PADA LAKI-LAKI DEWASA DI DESA BULOKARTO KABUPATEN PRINGSEWU”** adalah hasil karya saya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam Masyarakat akademik atau disebut plagiarisme.
2. Hal intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apanila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sangksi yang diberikan kepada saya.

Bandar Lampung, 10 Januari 2025

Pembuat pernyataan



Marwah Aulia Izzati

NPM 2158011016

## ABSTRAK

### PENGARUH PEKERJAAN SEBAGAI PEMBAKAR GENTENG TRADISIONAL TERHADAP KADAR CO DALAM NAPAS DAN SATURASI OKSIGEN (SPO<sub>2</sub>) PADA LAKI-LAKI DEWASA DI DESA BULOKARTO KABUPATEN PRINGSEWU

Oleh

MARWAH AULIA IZZATI

**Latar Belakang:** World Health Organization (WHO) menyebutkan prevalensi mortalitas akibat polusi udara sebesar 7 juta setiap tahunnya. Paparan polusi dapat mengakibatkan berbagai masalah kesehatan. Proses pembakaran genteng tradisional berisiko menghasilkan polusi karbon monoksida. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pekerjaan sebagai pembakar genteng tradisional terhadap kadar karbon monoksida dan saturasi oksigen pada laki-laki dewasa di desa Bulukarto, Pringsewu.

**Metode Penelitian:** Penelitian analitik observasional dengan pendekatan *cross sectional*. Responden terdiri dari 30 pekerja pembakar genteng dengan teknik *total sampling* dan 30 pekerja non pembakar genteng. Variabel bebas penelitian ini adalah pekerjaan serta variabel terikat yaitu kadar CO dan saturasi oksigen. Penelitian ini menggunakan data primer berupa pengukuran langsung dan dianalisis menggunakan uji *Mann-Whitney*.

**Hasil Penelitian:** Hasil penelitian menunjukkan rerata kadar CO pekerja pembakar genteng 18.93 ppm dan rerata saturasi oksigen 97.87%. Sementara pada pekerja non pembakar genteng didapatkan rerata kadar CO 11.63 ppm dan rerata saturasi oksigen 98.07%. Hasil uji statistik didapatkan adanya pengaruh pekerjaan sebagai pembakar genteng tradisional terhadap kadar CO ( $p = 0.002$ ). Sementara hasil uji statistik saturasi oksigen didapatkan tidak adanya pengaruh pekerjaan sebagai pembakar genteng tradisional terhadap nilai saturasi oksigen ( $p = 0.719$ ).

**Kesimpulan:** Terdapat pengaruh pekerjaan sebagai pembakar genteng tradisional terhadap kadar CO pada laki-laki dewasa di Bulukarto, Pringsewu. Sementara tidak terdapat pengaruh pekerjaan sebagai pembakar genteng tradisional terhadap nilai saturasi oksigen pada laki-laki dewasa di Bulukarto, Pringsewu.

**Kata Kunci:** Karbon monoksida, Paparan, Pembakar genteng, Saturasi Oksigen

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF TRADITIONAL ROOF TILE BURNER WORKER ON CO LEVELS IN BREATH AND OXYGEN SATURATION (SPO<sub>2</sub>) IN ADULT MALES IN BULOKARTO VILLAGE, PRINGSEWU DISTRICT**

**By**

**MARWAH AULIA IZZATI**

**Background:** *The World Health Organization (WHO) states that the prevalence of mortality due to air pollution is 7 million each year. Exposure to pollution can lead to various health problems. The process of burning traditional tiles is at risk of producing carbon monoxide pollution. This study aims to determine the effect of working as a traditional tile burner on carbon monoxide levels and oxygen saturation in adult men in Bulukarto village, Pringsewu.*

**Methods:** *Observational analytical study with a cross-sectional approach. The respondents consisted of 30 tile kiln workers using total sampling technique and 30 non-tile kiln workers. The independent variable in this study is occupation, while the dependent variables are CO levels and oxygen saturation. This study uses primary data in the form of direct measurements and is analyzed using the Mann-Whitney test.*

**Results:** *The research results show an average CO level of 18.93 ppm and an average oxygen saturation of 97.87% among tile-burning workers. Meanwhile, among non-tile-burning workers, the average CO level was found to be 11.63 ppm and the average oxygen saturation was 98.07%. The results of the statistical test showed an effect of working as a traditional tile burner on CO levels ( $p = 0.002$ ). Meanwhile, the results of the oxygen saturation statistical test showed no effect of working as a traditional roof tile burner on oxygen saturation levels ( $p = 0.719$ ).*

**Conclusion:** *There is an influence of the job as a traditional tile burner on CO levels in adult men in Bulukarto, Pringsewu. Meanwhile, there is no influence of the job as a traditional tile burner on the oxygen saturation levels in adult men in Bulukarto, Pringsewu.*

**Keywords:** *Carbon monoxide, Exposure, Roof tile burner, Oxygen saturation*

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Subang, Jawa Barat pada tanggal 21 Juli 2003, sebagai anak keempat dari lima bersaudara dari Bapak Encep Sugiana dan Ibu Muhayroh, adik dari Ahmad Fannan, Raisa Syahida, dan Syaima Hanifa, kembaran dari Shofa Aulia, dan tante dari Laura Adeeva.

Pendidikan Taman Kanak – Kanak (TK) diselesaikan di TKIT Al-Furqon pada 2009. Sekolah dasar (SD) diselesaikan di SDIT Alamy Subang pada tahun 2015. Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMPIT As-syifa Boarding School pada tahun 2018 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di MA Husnul Khotimah Islamic Boarding School pada tahun 2021. Selama menjadi pelajar, penulis mengikuti berbagai kegiatan dari pramuka, pencak silat, berenang, math club, biology club, duta bahasa arab, OSIS, dan BSMR.

Pada tahun 2021, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter (PSPD) Fakultas Kedokteran Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri Barat (SMMPTN Barat). Selama menjadi mahasiswa Fakultas Kedokteran, penulis mengikuti Lembaga Kemahasiswaan (LK) yaitu Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) sebagai Bendahara Dinas Bisnis dan Kemitraan (Bismit) 2022-2024.



## SANWACANA

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, Tuhan yang Maha Pengasih Maha Penyayang Maha Kuasa Maha Besar yang telah melimpahkan rahmat nya pada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya, para sahabatnya, dan umatnya.

Skripsi dengan judul **"PENGARUH PEKERJAAN SEBAGAI PEMBAKAR GENTENG TRADISIONAL TERHADAP KADAR CO DALAM NAPAS DAN SATURASI OKSIGEN (SPO<sub>2</sub>) PADA LAKI-LAKI DEWASA DI DESA BULOKARTO KABUPATEN PRINGSEWU"** merupakan salah satu syarat untuk menjadi Sarjana Kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

Selama penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, kritik, saran dan dukungan dari beberapa pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini, dengan segala hormat penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang mendalam kepada:

1. Terima kasih kepada Allah SWT, Tuhan yang Maha Pengasih dan Penyayang, yang selalu memberikan skenario terbaik dalam setiap langkah penulis.
2. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriyani, DEA., IPM., selaku Rektor Universitas Lampung
3. Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung
4. Dr. dr. Indri Windarti, S.Ked., Sp.PA selaku Kepala Jurusan Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
5. dr. Intanri Kurniati, Sp.PK. selaku Kepala Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

6. Dr. dr. Dian Isti Angraini, MPH., Sp. KKLK., FISCH, FISCM. selaku Pembimbing Akademik atas arahan, bimbingan serta motivasi bagi penulis selama masa perkuliahan di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
7. Dr. dr. Retno Ariza S., Sp.P(K), FCCP, FISR sebagai pembimbing I yang telah memberikan saya kesempatan untuk belajar dari seorang dokter yang sangat hebat dan penuh pengalaman serta menjadi panutan saya yang selalu mendukung saya dalam setiap perjalanan menyusun skripsi yang panjang ini. Terima kasih dokter telah mengajarkan Marwah banyak hal dan meluangkan waktu membimbing Marwah di tengah kesibukkan dokter saat ini.
8. Pak Ramadhana Komala, S.Gz, M.Si sebagai pembimbing II marwah yang telah memberikan bimbingan, bantuan, dan arahan selama penyelesaian skripsi ini. Terimakasih untuk semua ilmu yang sudah diberikan di tengah kesulitan dan kebingungan penulis dalam mengerjakan skripsi ini.
9. Dr. Si. dr. Syazili Mustofa, S.Ked M. Biomed sebagai Penguji Utama pada ujian skripsi ini yang sekaligus berkontribusi dalam bimbingan penyusunan skripsi Marwah. Terima kasih dokter yang selalu memberikan saran, kritik, perbaikan, dukungan, tambahan ilmu ketauhidan tidak sekadar ilmu duniawi, serta penyusunan skripsi yang baik dan benar.
10. Pak Wahid warga Desa Bulukarto yang membantu saya yang sangat memudahkan dan melancarkan dalam proses pengambilan data penelitian tiga hari dua malam di Pringsewu.
11. Seluruh dosen dan staf karyawan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung yang telah berjasa selama ini.
12. Kedua orangtua yang sangat saya cintai, Umi Muhayaroh dan Abi Encep , kakak dan adik yang saya sayangi, Aa, Teh Ica, Teh Ima, Opa, Kak Desi, A Fauzi, serta keponakan pertama yang sangat saya cintai, Laura Adeeva yang selalu memberikan dukungan, melangitkan doa-doa baik kepada Allah SWT demi kelancaran dan kemudahan penulis dalam menyelesaikan skripsi dan masa pendidikan ini.
13. Teman seperjuangan saya tercinta BEKAPENTHOUSE yang hadir dalam 24/7 hari-hari saya. Terimakasih untuk semua bantuan, dukungan, canda tawa dan pelukan hangat yang selalu diberikan untuk penulis dari awal perkuliahan

hingga menyelesaikan skripsi ini: Adilla, Dilla, Rahma, Salma, Amel, Ayu, Aziza, Cika, Luthfi, Yasmine, dan Ifa. Tanpa kalian, saya tidak akan bisa berada di titik saat ini.

14. Sepupu saya Namira dan Naura yang sekarang berjuang dalam satu almamater sama yang selalu ada dan saling mendukung dalam perjalanan di kedokteran yang kadang berombak dan kadang jalan Tol.
15. Teman-teman yang selalu ada sejak mahasiswa baru hingga saat ini : Gadila, Diva, Nadhira, Risna, Mariesela, Adelliu, Tari, dan Najwa. Terimakasih untuk dukungan yang selalu diberikan dan cerita cerita menyenangkan selama ini.
16. Keluarga Besar BEM FK Unila Terkhusus Dinas Bismit yang senantiasa bersama, membangun cerita, dan memberikan pengalaman baru yang tak terlupakan bagi penulis. Terimakasih untuk rasa bangga yang telah diberikan karena telah menjadi bagian dari nama baik BEM FK Unila.
17. Teman-teman angkatan 2021 Purin-Pirimidin Fakultas Kedoktera Universitas Lampung, terima kasih atas bantuan dan dukungan selama proses perkuliahan.
18. Semua pihak yang turut dan membantu dan mendukung saya dalam menjalani penelitian ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.
19. Terakhir, terima kasih kepada wanita sederhana dengan ribuan overthinking, sang penulis penelitian yaitu saya sendiri, Marwah Aulia seorang anak keras kepala yang mudah mengeluh. Terima kasih telah hadir, kuat, dan bertahan melalui perjalanan arung jeram yang akan terus berlanjut. Berbahagialah selalu dimanapun kapanpun kamu berada, wah. Ingat, segala hal yang selalu memberi usaha terbaik karena kamu akan selalu bersinar. Semoga selalu berada di langkah kebaikan dalam ridho dan lindungan Allah. Pendidikanmu sangat mulia. Jadilah hamba yang dicintai Allah, jangan putus ibadah dan kebaikan karna akhiratlah kekal hidupmu.

Bandar Lampung, 10 Januari 2025

Penulis

Marwah Aulia Izzati

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.4.1 Bagi Peneliti .....	4
1.4.2 Bagi Peneliti Lain.....	4
1.4.3 Bagi Masyarakat .....	4
1.4.4 Bagi Institusi .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Polusi Udara Industri Genteng yang Memengaruhi Organ Paru .....	5
2.1.1 Definisi.....	5
2.1.2 Jenis Zat Polutan Pabrik Genteng Tradisional .....	5
2.1.3 Dampak Paparan Polusi Udara .....	8
2.1.4 Pencegahan Paparan Polusi Udara .....	10
2.2 Fisiologi Pernapasan .....	10
2.2.1 Pertukaran Gas .....	10
2.2.2 Transpor Gas .....	12
2.3 Karbon Monoksida (CO) .....	15
2.3.1 Definisi.....	15
2.3.2 Sumber Gas Karbon Monoksida (CO).....	16
2.3.3 Pengukuran Kadar CO dalam Tubuh .....	16
2.3.4 Faktor yang Meningkatkan Kadar CO dalam Tubuh.....	19
2.3.5 Dampak Kadar CO Tinggi terhadap Kesehatan.....	20
2.3.6 Terapi dan Pencegahan Peningkatan Kadar CO dalam Tubuh .....	21
2.4 Saturasi Oksigen (SpO <sub>2</sub> ).....	23
2.4.1 Definisi Oksigen .....	23
2.4.2 Definisi Saturasi Oksigen.....	23

2.4.3	Pengukuran.....	23
2.4.4	Faktor yang Berhubungan dengan Kadar Saturasi Oksigen (SpO <sub>2</sub> ) .	25
2.4.5	Tanda dan Gejala Penurunan Saturasi Oksigen .....	27
2.5	Pabrik Genteng Tradisional di Desa Bulokarto Kabupaten Pringsewu .....	28
2.5.1	Profil.....	28
2.5.2	Alur Produksi dan Aktivitas Kerja.....	28
2.6	Kerangka Teori .....	30
2.7	Kerangka Konsep.....	31
2.8	Hipotesis .....	31

### **BAB III METODE PENELITIAN ..... 32**

3.1	Jenis dan Desain Penelitian.....	32
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian .....	32
3.3	Populasi dan Sampel .....	32
3.3.1	Populasi .....	32
3.3.2	Sampel.....	32
3.4	Kriteria Penelitian .....	33
3.4.1	Kriteria Inklusi .....	33
3.4.2	Kriteria Eksklusi .....	33
3.5	Identifikasi Variabel Penelitian.....	34
3.5.1	Variabel <i>Independen</i> .....	34
3.5.2	Variabel <i>Dependen</i> .....	34
3.6	Defisini Operasional .....	34
3.7	Instrumen penelitian.....	35
3.8	Teknik pengumpulan data.....	35
3.8.1	Identitas responden .....	35
3.8.2	Kuisisioner Kesiapan Fisik .....	35
3.8.3	Status Gizi .....	36
3.8.4	Pengukuran kadar karbon monoksida (CO).....	36
3.8.5	Pengukuran kadar saturasi oksigen (SpO <sub>2</sub> ).....	36
3.9	Alur penelitian .....	37
3.10	Pengolahan dan Analisis data .....	38
3.10.1	Pengolahan Data .....	38
3.10.2	Analisis Data .....	39
3.11	Etika penelitian .....	40

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... 41**

4.1	Gambaran Umum Penelitian.....	41
4.2	Karakteristik Responden .....	42
4.3	Analisis Univariat .....	45
4.4	Analisis Bivariat.....	46
4.4.1	Uji Normalitas Data .....	46
4.4.2	Uji <i>Non-Parametric</i> Kadar CO dan SpO <sub>2</sub> .....	47
4.5	Pembahasan.....	48
4.5.1	Karakteristik Responden .....	48
4.5.2	Analisis Univariat .....	52

4.5.3 Analisis Bivariat.....	54
4.6 Keterbatasan Penelitian.....	60
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>61</b>
5.1 Kesimpulan .....	61
5.2 Saran .....	61
5.2.1 Bagi Peneliti Selanjutnya .....	61
5.2.2 Bagi Pekerja .....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>63</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>74</b>

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
2.1 Zat yang Berpotensi Membahayakan Pekerja Pabrik.....	8
2.2 Kategori Saturasi Oksigen (SpO <sub>2</sub> ).....	25
3.1 Definisi Operasional .....	34
4.1 Karakteristik Pekerja Berdasarkan Usia, Batang Rokok Harian, Lama Merokok, Masa Kerja, dan Pekerjaan .....	42
4.2 Karakteristik Pekerja Berdasarkan nilai IMT .....	43
4.3 Karakteristik Pekerja Pembakar Genteng Berdasarkan Masa Kerja .....	44
4.4 Karakteristik Pekerja Non Pembakar Genteng Berdasarkan Pekerjaan .....	44
4.5 Distribusi Kadar CO Responden Pekerja di Bulokarto Pringsewu .....	45
4.6 Distribusi SpO <sub>2</sub> Responden Pekerja di Bulokarto Pringsewu .....	45
4.7 Uji Normalitas Data.....	46
4.8 Uji <i>Mann-Whitney</i> Kadar CO .....	47
4.9 Uji <i>Mann-Whitney</i> SpO <sub>2</sub> .....	48

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
2.1 Pertukaran Gas .....	11
2.2 Oksigen-Hemoglobin (O <sub>2</sub> Hb) .....	13
2.3 Transpor Karbon Dioksida dalam Darah .....	14
2.4 CO <i>Analyzer</i> .....	17
2.5 Parameter hasil pengukuran kadar CO dan COHb .....	18
2.6 <i>Pulse Oxymetry</i> .....	24
2.7 Kerangka Teori .....	30
2.8 Kerangka Konsep .....	31
3.1 Alur Penelitian .....	37



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Surat Izin Penelitian

Lampiran 2 Surat Persetujuan Etik

Lampiran 3 Karakteristik Responden

Lampiran 4 Hasil Uji Analisis Univariat

Lampiran 5 Hasil Uji Analisis Bivariat

Lampiran 6 Instrumen Penelitian

Lampiran 7 Dokumentasi

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Polusi udara memiliki dampak yang signifikan pada saluran manusia yang tidak terikat pada jangka pendek saja (Cheng *et al.*, 2016). Seseorang saat proses inhalasi polusi udara akan menyerap partikel dari udara menyebabkan iritasi pada awal saluran pernapasan, hidung, dan tenggorokan. Gejala yang timbul seperti bersin dan batuk (Duan *et al.*, 2020). Paparan terhadap polusi udara jangka panjang dapat mengakibatkan masalah Kesehatan yang lebih serius terutama dalam aspek pernapasan. Asma dan Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) sering dikaitkan dengan kondisi paparan polusi jangka panjang (Susanto *et al.*, 2018). Gangguan saluran udara ini dapat berdampak buruk pada kualitas hidup seseorang dari waktu ke waktu dan memerlukan perhatian medis berkelanjutan. Gangguan ini meningkatkan risiko komplikasi yang lebih serius, termasuk infeksi pernapasan berulang, penurunan fungsi paru, dan peningkatan kemungkinan kematian (Schraufnagel *et al.*, 2019; Mustofa *et al.*, 2023).

*World Health Organization* (WHO) mendata setidaknya 92% penduduk dunia menghirup udara dengan kualitas buruk yang mengakibatkan 7 juta kematian (2 juta di Asia Tenggara) akibat polusi udara setiap tahunnya (WHO, 2023). Berdasarkan data dari *IQ Air* (2023), Indonesia menempati peringkat ke-14 paling tercemar di seluruh dunia dan peringkat ke-1 di Asia Tenggara. Halaman Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mengungkap indeks kualitas udara di Lampung sebesar 102 pada Tahun 2024. Peraturan Menteri LHK No. 14 Tahun 2020 menyebutkan indeks standar pencemar udara pada rentang

101-200 termasuk kualitas udara tidak sehat yang bersifat merugikan manusia, hewan, dan tumbuhan (KLHK, 2020).

Industri genteng dalam proses pembakaran menghasilkan zat polutan yang berisiko terjadinya pencemaran udara di sekitar. Salah satunya adalah karbon monoksida. Karbon monoksida dalam sistem pernapasan mengakibatkan terbentuknya ikatan karbon monoksida (CO) dengan hemoglobin menjadi COHb. Penelitian Tahun 2022 dilakukan pada petugas Lalu Lintas Angkutan Jalan (LLAJ) didapat hasil pemeriksaan berjumlah 33 (100%) orang memiliki kadar COHb tidak normal (Sihombing *et al.*, 2022). Hasil penelitian lain dalam pengukuran kadar CO di lahan parkir *Mall X* berada pada rentang 25 – 81,25 ppm sedangkan *Mall Y* berkisar di rentang 3,13–12,5 ppm. Hal ini disimpulkan, nilai kadar CO yang terukur di *breathing zone* petugas parkir memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan besarnya *intake* CO yang masuk ke tubuh petugas parkir (Herman *et al.*, 2019). Hal ini tidak sejalan oleh penelitian yang dilakukan Tahun 2021 pada pedagang kaki lima sekitar *traffic light* menyimpulkan tidak ada hubungan yang signifikan atau tidak ada korelasi antara kadar CO dengan Kadar COHb dalam darah (Rizaldi *et al.*, 2021).

Peningkatan COHb dalam darah ini memengaruhi kadar saturasi oksigen dalam darah (Ruviana *et al.*, 2022). Nilai normal saturasi oksigen adalah 95% sampai 100%. Kadar di bawah normal disebut hipoksemia dan dapat menjadi hipoksia yaitu kondisi rendahnya oksigen dalam jaringan tubuh (Dengo *et al.*, 2018). Penelitian Tahun 2020 dilakukan kepada petugas terminal yang terpapar karbon monoksida menunjukkan 3 responden dengan persentase 50% yang bekerja di lapangan memiliki saturasi oksigen di bawah normal (<95%). Hal ini membuktikan bahwa ada hubungan antara paparan CO udara dengan kadar SpO<sub>2</sub> (Rosari *et al.*, 2020). Penelitian lain menunjukkan terdapat 56,8% dari Pekerja Ban memiliki nilai saturasi oksigen di bawah normal dan dilakukan uji korelasi didapatkan adanya hubungan kadar saturasi oksigen dengan kadar zat polutan CO, usia, rokok, dan riwayat penyakit (Suci, 2018).

Penelitian lain menyimpulkan bahwa paparan CO tidak berhubungan dengan saturasi oksigen (Dengo *et al.*, 2018).

Kabupaten Pringsewu di provinsi Lampung menjadi tempat utama produksi genteng sebagai Usaha Kecil Menengah (UKM). Hasil survey pendahuluan yang dilakukan peneliti pada tanggal 6 Juli 2024 ke Pabrik Genteng Tradisional di Desa Bulokarto Kabupaten Pringsewu bahwa karakteristik pekerja pembakar genteng berusia 35-60 tahun dengan dominasi pekerja laki-laki dan semua perokok rata-rata harian lebih dari satu bungkus. Tidak ada APD yang digunakan para pekerja. Dalam sehari, para pekerja masuk di jam 8 pagi dan pulang di jam 4 sore dengan istirahat dua kali saat jam 10 dan dzuhur.

Berdasarkan uraian di atas, belum ada penelitian spesifik menilai kadar CO dan saturasi oksigen pada pembakar genteng tradisional di Desa Bulokarto Pringsewu. Hasil survey pendahuluan juga disimpulkan bahwa para pekerja berisiko terkena paparan polusi yang berada di tempat kerja. Maka dari itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh pekerjaan sebagai pembakar genteng tradisional terhadap kadar karbon monoksida (CO) dan saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Apakah pekerjaan sebagai pembakar genteng tradisional berpengaruh terhadap kadar karbon monoksida (CO) dan saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) pada pekerja laki-laki dewasa di Desa Bulokarto Kabupaten Pringsewu.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui pengaruh pekerjaan sebagai pembakar genteng tradisional terhadap kadar karbon monoksida (CO) pada pekerja laki-laki dewasa di Desa Bulokarto Kabupaten Pringsewu.
2. Mengetahui pengaruh pekerjaan sebagai pembakar genteng tradisional terhadap kadar saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) pada pekerja laki-laki dewasa di Desa Bulokarto Kabupaten Pringsewu.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

### **1.4.1 Bagi Peneliti**

Sebagai sarana untuk menambah wawasan pengetahuan tentang pengaruh pekerjaan sebagai pembakar genteng tradisional yang berisiko terpapar polusi udara terhadap kadar karbon monoksida, (CO) dan saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>).

### **1.4.2 Bagi Peneliti Lain**

Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan acuan untuk mengembangkan penelitian selanjutnya yang berhubungan bahaya potensial lain yang berisiko di tempat kerja pembakar genteng tradisional.

### **1.4.3 Bagi Masyarakat**

Memberikan pengetahuan mengenai risiko gangguan kesehatan yang dapat ditimbulkan akibat jenis pekerjaannya yang salah satunya dipengaruhi oleh paparan polusi di tempat kerja.

### **1.4.4 Bagi Institusi**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah perbendaharaan literatur di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dan sebagai referensi untuk pihak yang akan melakukan penelitian lebih lanjut mengenai bahaya potensial lain yang berisiko di tempat kerja pabrik genteng tradisional di Pringsewu.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Polusi Udara Industri Genteng yang Memengaruhi Organ Paru**

#### **2.1.1 Definisi**

Limbah yang dihasilkan dari aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhannya dapat menjadi polusi udara yang berdampak pada gangguan dan penyakit akibat polusi udara. Polutan udara masuk melalui inhalasi akan berinteraksi dengan tubuh manusia, di mana polutan dapat diserap, dan beberapa zat beracun dapat ditemukan dalam sirkulasi darah dan tersimpan di berbagai jaringan bila terpapar dalam jangka waktu panjang atau konsentrasi tinggi. Pekerja dengan lingkungan polusi udara yang masa kerja >5 tahun lebih berisiko mengalami gangguan fungsi paru dibandingkan <5 tahun (Amaliah and Ningsih, 2020; Aulia and Azizah, 2015; Prasiwi and Darnoto, 2017). Salah satu penyakit pernapasan yang disebabkan oleh polusi udara adalah penyakit paru obstruktif kronik, yang mengganggu kemampuan paru untuk menyerap oksigen dan mengeluarkan karbondioksida, dapat disebabkan oleh polusi udara (Rosyidah, 2016).

#### **2.1.2 Jenis Zat Polutan Pabrik Genteng Tradisional**

Proses terakhir dalam pembuatan genteng tradisional adalah pembakaran genteng dengan menggunakan kayu bakar. Proses pembakaran genteng dilakukan setelah pengeringan yang dilakukan selama 6 jam dengan sinar matahari. Pembakaran dilakukan dalam dua tahap yaitu tahap pertama adalah pra-pembakaran dalam tungku berlangsung selama 2 hari atau 48 jam. Tahap kedua adalah

pembakaran. Tahap pembakaran berlangsung selama 12 jam dimana suhu ditingkatkan sampai dengan kurang lebih 8000°C, kemudian ditahan pada suhu tersebut. Proses ini menghasilkan debu mineral dengan ukuran 1-10 mikron. Ukuran partikel 5-10 mikron atau lebih akan mengendap dan tertahan di saluran napas atas, ukuran partikel 3-5 mikron dapat masuk ke bagian pernapasan tengah, ukuran partikel 1-3 mikron akan masuk ke dalam permukaan alveoli paru, dan partikel <0,1 mikron tidak menempel di permukaan alveoli maupun selaput lendir dikarenakan gerakan brown (Widhiyanti *et al.*, 2015). Pembakaran kayu menimbulkan pencemar udara yaitu Formaldehida (CHO) 60%, karbon monoksida (CO) 10,53%, oksida sulfur (SOx) 0,9%, nitrogen oksida (NOx) 8,9%, dan hidrokarbon (HC) 18.34% yang tersebar dalam persentase sumber utama (Rohmalia *et al.*, 2016).

#### **2.1.2.1 Formaldehida**

Formaldehida memiliki sifat berupa cairan jernih, hampir bahkan tidak berwarna, uap merangsang selaput lendir hidung dan tenggorokan, bau khas yang menusuk, dan akan menjadi keruh jika di simpan di tempat dingin. Paru akan mengabsorpsi formaldehida yang terinhalasi lewat pernapasan dan mengakibatkan paparan akut seperti pusing kepala, rinitis, rasa terbakar, dan lakrimasi. Paparan inhalasi formaldehida juga dapat menyebabkan *edema pulmonary*, *bronchitis*, atau pneumonia karena dapat mengecilkan bronkus dan terjadi akumulasi cairan di paru. Gangguan pernapasan lain juga dapat terjadi seperti alergi, asma, dan dermatitis pada orang yang sensitif (Tangdiongga *et.al.*, 2015).

#### **2.1.2.2 Karbon Monoksida (CO)**

Gas karbon monoksida (CO) merupakan gas yang bau dan tidak berwarna yang dapat membahayakan pernapasan jika

terhirup dengan jumlah yang besar. Gas ini digolongkan sebagai bahan kimia afiksia (*asphyxiate*). Karbon monoksida (CO) mengurangi kemampuan darah untuk mengangkut oksigen, sehingga tubuh kekurangan oksigen. Defisiensi oksigen ini menyebabkan gangguan koordinasi dan fungsi mental. Gejala keracunan CO, yang semakin parah seiring peningkatan konsentrasi, meliputi sakit kepala, pusing, kelemahan, tinnitus (telinga berdengung), mual, muntah, sesak napas, kelemahan otot, kehilangan kesadaran, pingsan, dan kematian (Muadifah, 2019).

#### **2.1.2.3 Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>)**

Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dapat menyebabkan gangguan pernapasan dan iritasi mata pada manusia dan hewan. Paparan konsentrasi SO<sub>2</sub> yang sangat tinggi bahkan dapat berakibat fatal. Sebagai contoh, di Belgia, konsentrasi SO<sub>2</sub> mencapai 38 ppm mengakibatkan 60 kematian manusia dan ratusan hewan ternak (Damri *et al.*, 2016).

#### **2.1.2.4 Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>)**

Oksida nitrogen terdiri dari nitrogen oksida (NO), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), dan dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O). NO dan N<sub>2</sub>O tidak berwarna, sementara NO<sub>2</sub> berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam. Senyawa ini dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil (minyak, kayu, batu bara) dan juga terdapat dalam asap rokok (Soemarwoto *et al.*, 2019). NO, seperti karbon monoksida, mengurangi kemampuan darah mengangkut oksigen, sedangkan NO<sub>2</sub> mengiritasi hidung, mata, tenggorokan, dan paru. Efek merusak NO<sub>2</sub> pada tanaman diperparah oleh keberadaan sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) (Muadifah, 2019).



### 2.1.2.5 Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon (HC), senyawa yang terdiri dari karbon (C) dan hidrogen (H), merupakan polutan udara yang umumnya berupa gas pada suhu ruangan (Muadifah, 2019). Hidrokarbon (HC) dalam bentuk gas menimbulkan risiko kesehatan yang lebih besar dibandingkan bentuk padat atau cair. Hal ini karena gas HC mudah terhirup dan menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan serta infeksi paru-paru. Lebih lanjut, pengikatan HC oleh darah menghambat pengangkutan oksigen ke seluruh tubuh (Putra, 2016).

**Tabel 2.1** Zat yang Berpotensi Membahayakan Pekerja Pabrik

No	Nama Zat	Manifestasi Pernapasan
1	<b>Formaldehida</b>	Gas ini dapat diserap ke dalam paru-paru dan menyebabkan paparan akut yang gejalanya meliputi sakit kepala, sensasi terbakar, rhinitis, dan keluarnya air mata. Risikonya termasuk bronkitis, edema paru, atau pneumonia karena dapat mempersempit bronkus dan memicu penumpukan cairan di paru-paru.
2	<b>Karbon Monoksida</b>	Gas tersebut berdifusi melalui membran alveolus bersama oksigen (O <sub>2</sub> ), menghasilkan senyawa karboksihemoglobin (COHb).
3	<b>Sulfur Oksida</b>	Sulfur dioksida (SO <sub>2</sub> ) bereaksi dengan air di saluran pernapasan bagian atas, menyebabkan iritasi melalui pembentukan hidrogen, bisulfit, dan sulfit. Dalam konsentrasi tinggi, dapat berakibat fatal.
4	<b>Nitrogen Oksida</b>	Nitrogen oksida dapat mengurangi kemampuan darah untuk mengangkut oksigen. Gas NO <sub>2</sub> dapat menyebabkan iritasi pada mata, hidung, tenggorokan, dan paru-paru.
5	<b>Hidro Karbon</b>	Iritasi pada membran mukosa dapat menyebabkan infeksi paru-paru. Dampak lainnya termasuk berkurangnya penyerapan oksigen ke dalam tubuh karena darah yang berikatan dengan hidrokarbon.

(Tangdionga *et.al.*, 2015; Damri *et al.*, 2016; Muadifah *et.al.*, 2019 ; Putra, 2016)

### 2.1.3 Dampak Paparan Polusi Udara

Polusi udara dapat menimbulkan konsekuensi yang sangat buruk. Dalam jangka pendek, menghirup udara yang tercemar dapat menyebabkan berbagai masalah seperti kesulitan bernapas, iritasi mata, dan rasa lelah. Di sisi lain, dampak jangka panjang yang lebih parah dapat mencakup berbagai kondisi seperti penyakit jantung,

kanker paru, dan dampak buruk pada perkembangan anak-anak (Anandari *et al.*, 2024).

Dampak polusi udara tidak hanya terbatas pada respons langsung. Paparan udara yang tercemar dalam jangka panjang dapat mengakibatkan berbagai masalah kesehatan pernapasan yang serius. Asma merupakan salah satu kondisi yang dapat memburuk dan menjadi semakin sulit diatasi seiring berjalannya waktu (Mustofa, 2023). Lebih jauh lagi, kontak yang lama dengan polusi udara dapat mengakibatkan bronkitis kronis, suatu kondisi yang ditandai dengan peradangan pada saluran udara kecil di paru dan produksi lendir yang berlebihan. Penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) adalah kondisi lain yang terkait dengan paparan zat berbahaya dalam jangka panjang, meliputi penyakit seperti emfisema dan bronkitis kronis (Soemarwoto *et al.*, 2019). Penyakit ini ditandai dengan kerusakan paru dan saluran napas yang tidak dapat dipulihkan, yang dapat sangat mengurangi kemampuan seseorang untuk bernapas (Mustofa *et al.*, 2023). Seiring berjalannya waktu, penyakit pernapasan ini dapat berdampak buruk pada kualitas hidup seseorang dan memerlukan perhatian medis berkelanjutan (Mustofa *et al.*, 2023). Lebih jauh lagi, penyakit ini meningkatkan kemungkinan komplikasi yang parah, penurunan fungsi paru akibat infeksi pernapasan berulang dan peningkatan risiko kematian (Schraufnagel *et al.*, 2019). Oleh karena itu, sangat penting untuk menjaga kualitas udara yang tinggi dan meminimalkan paparan polusi udara untuk mendukung kesehatan pernapasan dan mencegah kondisi pernapasan kronis.

Polusi udara menimbulkan ancaman serius terhadap kesehatan masyarakat, mulai dari gangguan pernapasan (iritasi hidung, tenggorokan, dan paru-paru; peningkatan risiko asma, bronkitis kronis, dan PPOK) hingga penyakit kardiovaskular dan kanker (Soemarwoto *et al.*, 2022). Partikel polutan juga dapat membawa

patogen penyebab infeksi saluran pernapasan (Anandari *et al.*, 2024; Poty *et al.*, 2024).

#### **2.1.4 Pencegahan Paparan Polusi Udara**

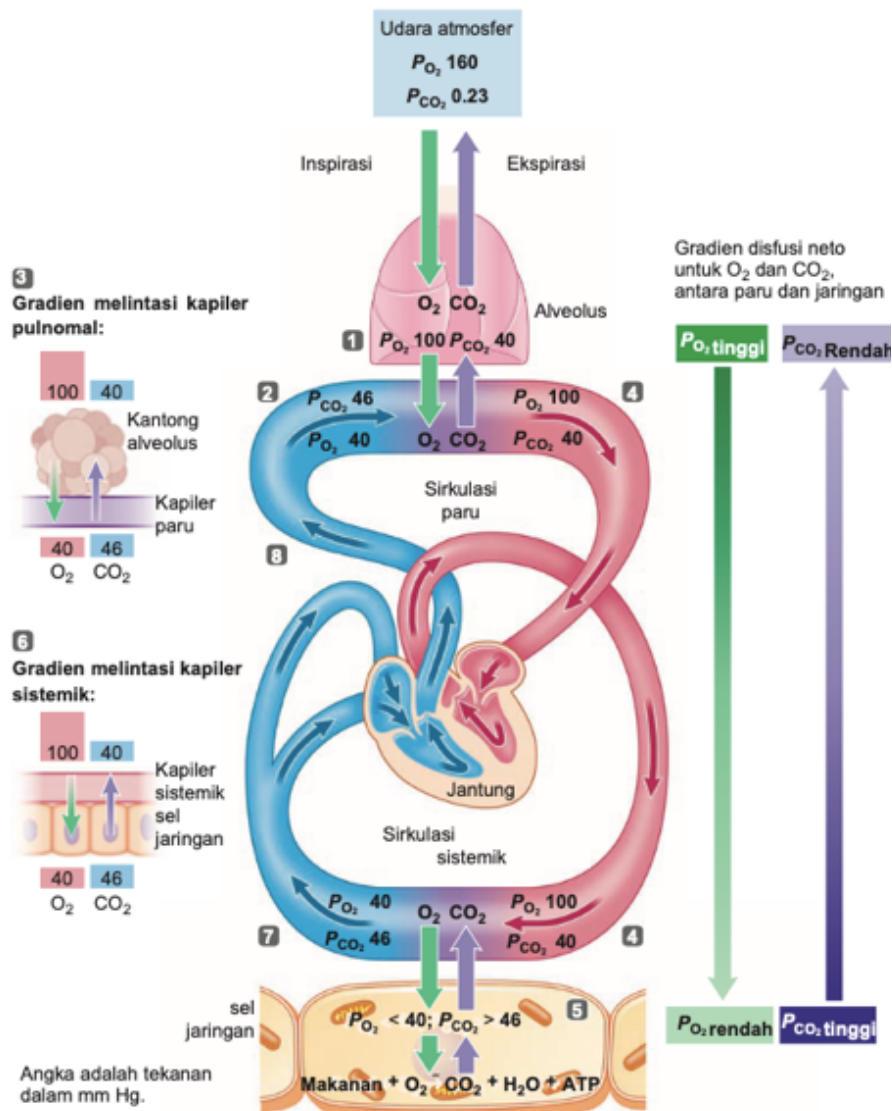
Pencegahan paparan akibat polusi udara yang paling mudah dilakukan pada setiap individu adalah alat pelindung diri. Masker pelindung pernapasan berfungsi menyaring polutan udara seperti debu, kabut, uap, asap, gas, dan mikroorganisme, sehingga melindungi saluran pernapasan dengan memberikan udara bersih (Mustofa *et al.*, 2023). Efisiensi penyaringan bakteri pada masker bedah sebesar 98% dan memiliki *differential pressure*  $< 5,0 \text{ mmH}_2\text{O}/\text{cm}^2$  sehingga tidak mengganggu seseorang saat bernapas (Hapsari and Munawi, 2021).

Pengelolaan polusi udara, sebagaimana yang diuraikan oleh Badan Perlindungan Lingkungan (EPA), menetapkan bahwa kadar karbon monoksida tidak boleh melebihi 9 ppm selama periode delapan jam dan tidak boleh melebihi batas ini dalam satu jam. Untuk meningkatkan kualitas udara, inisiatif seperti program konservasi hutan, proyek kehutanan perkotaan, dan penanaman pohon (vegetasi) dapat dilaksanakan. Vegetasi ini memainkan peran penting dalam menyerap polutan CO<sub>2</sub>, karena memiliki kapasitas untuk menyerap panas selama fotosintesis, sehingga menghasilkan efek pendinginan pada udara di sekitarnya (Muadifah, 2019).

## **2.2 Fisiologi Pernapasan**

### **2.2.1 Pertukaran Gas**

Tujuan utama pernapasan adalah untuk terus-menerus menyediakan oksigen (O<sub>2</sub>) segar yang akan diserap oleh darah dan secara konsisten membuang karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dari darah. Pertukaran gas di kapiler paru dan kapiler jaringan terjadi melalui difusi pasif sederhana, di mana O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> berpindah mengikuti gradien tekanan parsial (Sherwood, 2016).



**Gambar 2.1** Pertukaran Gas

Sumber : Sherwood, 2016

Berdasarkan gambar 2.1, darah bertindak sebagai sistem transportasi untuk  $O_2$  dan  $CO_2$  antara paru dan jaringan, di mana sel-sel jaringan mengambil  $O_2$  dari darah dan membuang  $CO_2$  ke dalamnya (Sherwood, 2016).

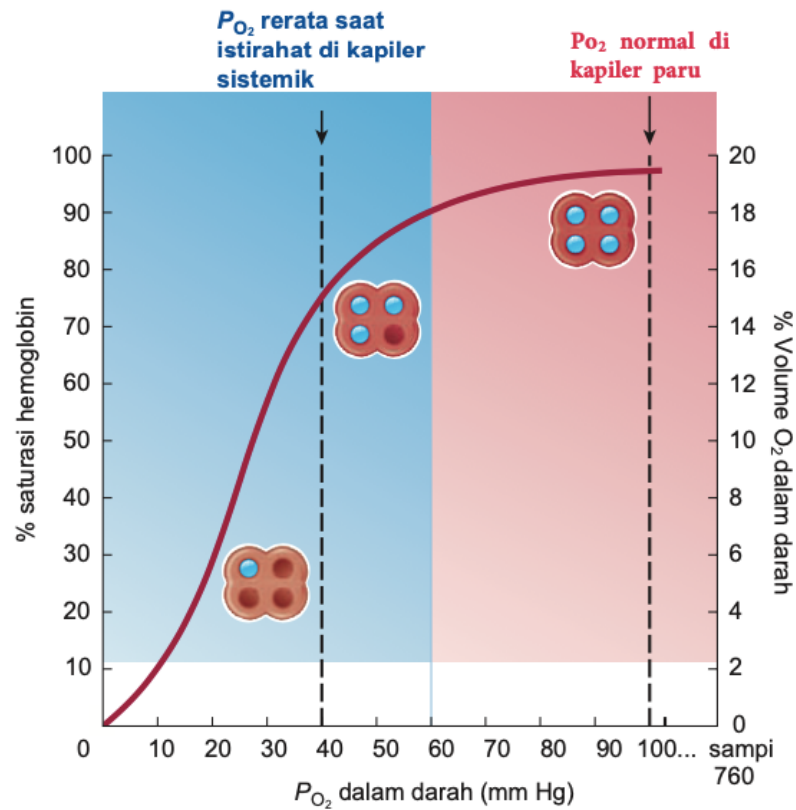
Pertama, saat udara atmosfer masuk ke saluran napas, udara tersebut menjadi jenuh dengan uap air ( $H_2O$ ) karena terkena saluran napas yang lembap. Kedua, tekanan parsial oksigen ( $PO_2$ ) di alveolus lebih rendah daripada  $PO_2$  di atmosfer karena udara segar yang masuk

(sekitar 350 mL dari 500 mL volume tidal) bercampur dengan udara lama yang tertinggal di paru dan ruang mati setelah ekspirasi sebelumnya (kapasitas residual fungsional paru sekitar 2200 mL) (Sherwood, 2016).

Oksigen dan karbon dioksida terus menerus dipertukarkan antara alveoli dan darah melalui difusi pasif, mengikuti gradien tekanan parsial masing-masing. Oksigen dari udara masuk mengganti oksigen yang berdifusi ke dalam darah, menjaga tekanan parsial oksigen alveoli ( $PO_2$ ) sekitar 100 mmHg. Sebaliknya, karbon dioksida dari darah berdifusi ke alveoli dan dikeluarkan saat bernapas, menjaga tekanan parsial karbon dioksida alveoli ( $PCO_2$ ) sekitar 40 mmHg. Ventilasi paru memastikan gradien tekanan parsial ini terjaga, sehingga pertukaran gas antara darah dan alveoli berlangsung efisien (Sherwood, 2016).

### **2.2.2 Transpor Gas**

Oksigen yang diambil di paru-paru harus diangkut ke seluruh tubuh untuk digunakan sel, sementara karbon dioksida ( $CO_2$ ) yang dihasilkan oleh sel harus diangkut kembali ke paru untuk dikeluarkan. Darah mengangkut oksigen dalam dua bentuk: terlarut dalam plasma dan terikat secara kimiawi pada hemoglobin (Sherwood, 2016).

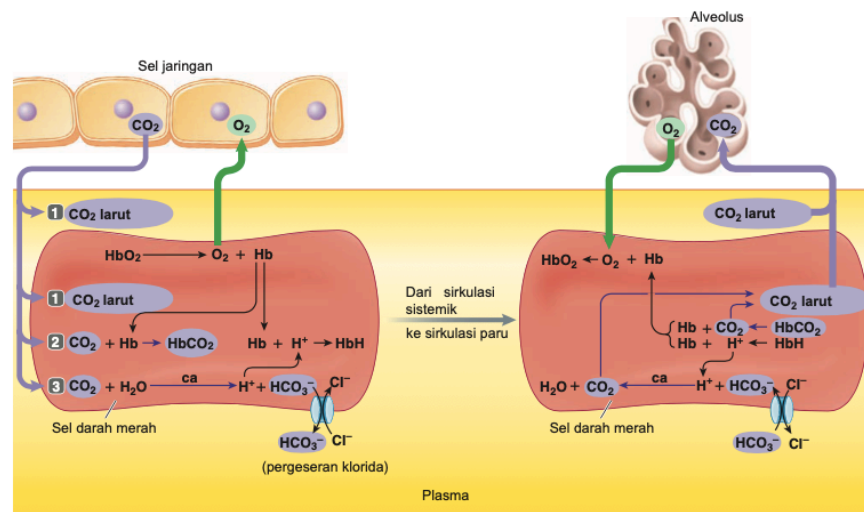


**Gambar 2.2** Oksigen-Hemoglobin ( $O_2Hb$ )  
Sumber : Sherwood, 2016

Berdasarkan gambar 2.2, Darah di paru menyerap oksigen, yang kemudian diangkut ke jaringan tubuh untuk digunakan sel. Karbon dioksida yang dihasilkan oleh sel diangkut kembali ke paru untuk dikeluarkan. Sebagian besar oksigen dalam darah diangkut terikat pada hemoglobin, protein dalam sel darah merah yang mengandung zat besi dan mampu mengikat dan melepaskan oksigen secara reversibel. Hemoglobin tanpa oksigen disebut deoksihemoglobin, sedangkan hemoglobin yang terikat oksigen disebut oksihemoglobin ( $HbO_2$ ). Hemoglobin berfungsi dalam pengeluaran  $O_2$  dari larutan saat memasuki darah dari alveoli (Sherwood, 2016).

Tekanan oksigen ( $PO_2$ ) darah merupakan penentu utama % saturasi Hb, meskipun faktor lain dapat memengaruhi kekuatan ikatan atau afinitas antara hemoglobin dan  $O_2$ , sehingga menggeser kurva  $O_2$ -Hb. Misalnya, Peningkatan tekanan parsial karbondioksida ( $PCO_2$ )

menggeser kurva disosiasi oksihemoglobin ke kanan. Meskipun saturasi hemoglobin (Hb) masih bergantung pada tekanan parsial oksigen ( $PO_2$ ), pada  $PO_2$  tertentu, jumlah oksigen yang terikat Hb berkurang. Hal ini penting karena  $PCO_2$  meningkat di kapiler sistemik akibat difusi  $CO_2$  dari sel ke darah.  $CO_2$  menurunkan afinitas Hb terhadap  $O_2$ , sehingga pelepasan  $O_2$  di jaringan meningkat dibandingkan jika hanya  $PO_2$  saja yang menjadi faktor penentu saturasi Hb (Sherwood, 2016).



**Gambar 2.3** Transpor Karbon Dioksida dalam Darah  
Sumber : Sherwood, 2016

Berdasarkan gambar 2.3, darah arteri yang bersirkulasi melalui kapiler jaringan, karbon dioksida berpindah dari sel jaringan ke dalam aliran darah, mengikuti gradien tekanan parsialnya. Darah membawa karbon dioksida melalui tiga cara berbeda:

1. Larut secara fisik. Jumlah  $CO_2$  yang terlarut secara fisik dalam darah, seperti halnya  $O_2$  terlarut, dipengaruhi oleh  $PCO_2$ . Mengingat bahwa  $CO_2$  menunjukkan kelarutan yang lebih besar dibandingkan  $O_2$  dalam air plasma, maka fraksi  $CO_2$  yang terlarut secara fisik dalam darah melebihi fraksi  $O_2$ . Pada tingkat  $PCO_2$  vena sistemik, hanya 10% dari keseluruhan kandungan  $CO_2$  dalam darah yang dibawa dengan cara ini (Sherwood, 2016).

2. Melekat pada hemoglobin. Hingga 30% CO<sub>2</sub> menempel pada Hb, menghasilkan karbamino-hemoglobin (HbCO<sub>2</sub>). Berbeda dengan O<sub>2</sub> yang berikatan dengan komponen heme, karbon dioksida berinteraksi dengan bagian globin Hb. Hemoglobin yang tereduksi menunjukkan afinitas yang lebih tinggi terhadap CO<sub>2</sub> dibandingkan dengan HbO<sub>2</sub>. Pelepasan O<sub>2</sub> dari Hb dalam kapiler jaringan akan mendorong penyerapan CO<sub>2</sub> oleh Hb (Sherwood, 2016).
3. Bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), dengan 60% CO<sub>2</sub> diubah menjadi HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> oleh reaksi kimia berikut:



Hemoglobin memiliki afinitas yang jauh lebih besar terhadap karbon monoksida dari pada terhadap O<sub>2</sub>. Karbon monoksida (CO) berkompetisi dengan oksigen (O<sub>2</sub>) untuk berikatan dengan hemoglobin (Hb), namun afinitas CO terhadap Hb 240 kali lebih tinggi. Ikatan CO-Hb (karboksihemoglobin) mencegah Hb mengangkut O<sub>2</sub>, sehingga bahkan sedikit CO dapat mengurangi kapasitas pengangkutan oksigen darah secara signifikan. CO merupakan gas beracun yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna bahan bakar seperti bensin, batu bara, kayu, dan tembakau (Sherwood, 2016).

## 2.3 Karbon Monoksida (CO)

### 2.3.1 Definisi

Karbon monoksida (CO), gas tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa, dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna bahan-bahan yang mengandung karbon. Pada suhu di atas -192°C (harusnya -191.5°C, atau 81.65 K), CO berada dalam fase gas. Karbon monoksida (CO) adalah gas tak berbau yang dapat terhirup tanpa disadari bersama udara. CO dalam darah berikatan dengan hemoglobin, membentuk karboksihemoglobin (COHb). Meskipun CO dan oksigen (O<sub>2</sub>) berikatan dengan hemoglobin dengan kecepatan yang sama, ikatan



CO jauh lebih kuat (245 kali lebih kuat daripada O<sub>2</sub>), sehingga CO menghambat pengikatan O<sub>2</sub>. Ikatan CO dengan hemoglobin lebih stabil daripada ikatan O<sub>2</sub>, sehingga CO menghambat pengangkutan oksigen dalam darah, menyebabkan keracunan (Muadifah, 2019).

### **2.3.2 Sumber Gas Karbon Monoksida (CO)**

Karbon monoksida (CO) merupakan produk sampingan dari berbagai proses pembakaran yang tidak sempurna. Sumber-sumber utama CO termasuk pembakaran bahan bakar fosil dalam kendaraan bermotor, pesawat terbang, dan kereta api, pembakaran kayu dan sampah, serta berbagai aktivitas industri. Proses pembakaran meningkatkan suhu secara signifikan. Pernyataan mengenai "tekanan yang baik 40-60 hari" pada suhu 2000-2500°C dalam konteks pembakaran ini perlu diklarifikasi, karena tampak tidak konsisten dengan pemahaman ilmiah umum mengenai tekanan dan waktu dalam reaksi pembakaran. Pembakaran sempurna karbon (C) dengan oksigen (O<sub>2</sub>) menghasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan panas, sebuah proses yang bersih dan aman bagi lingkungan. Sebaliknya, pembakaran tidak sempurna, yang terjadi ketika pasokan oksigen terbatas atau suhu tidak cukup tinggi, menghasilkan karbon monoksida (CO). CO merupakan gas beracun yang mencemari lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Lebih lanjut, perlu diteliti apa yang dimaksud dengan "tekanan 40-60 hari" dalam konteks ini, karena unit dan konteksnya tidak jelas. (Muadifah, 2019).

### **2.3.3 Pengukuran Kadar CO dalam Tubuh**

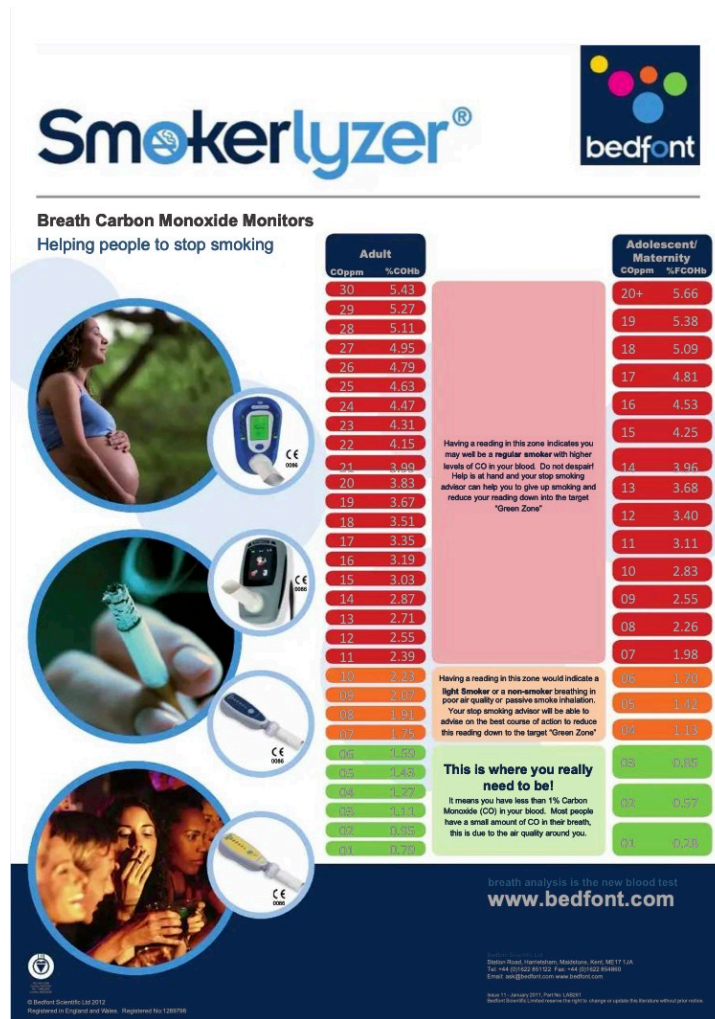
Uji kadar karbon monoksida (CO) dalam napas (tanpa perlu prosedur invasif) digunakan untuk menilai dan memantau paparan asap rokok pada perokok aktif maupun pasif.



**Gambar 2.4** CO Analyzer

Sumber : Bedfont, 2022

Berdasarkan gambar 2.4, pengukuran kadar CO dalam tubuh bisa menggunakan alat CO Analyzer merk Bedfont yang dapat mendeteksi kadar CO dalam udara pernapasan dengan satuan *part permillion* (ppm) dan kadar CO dalam darah dengan satuan persen (%). Pengaruh kadar CO dapat berpengaruh terhadap tubuh manusia dan menyebabkan beberapa gejala berdasarkan tingkat kadar CO.



Gambar 2.5 Parameter hasil pengukuran kadar CO dan COHb

Sumber : Bedfont, 2023

Gambar di atas mendefinisikan parameter hasil pengukuran CO analyzer langsung ditampilkan dalam bagian per juta (ppm) dan % karboksihemoglobin (%COHb), panduan visual yang jelas juga disediakan dengan indikator berwarna merah, kuning, dan hijau tergantung pada konsentrasi karbon monoksida yang dihirup. kadar <6 ppm yang sesuai dengan konsentrasi COHb% <1.59% yang menunjukkan kadar normal (Zona hijau). Kisaran antara 7 hingga 10 ppm atau COHb% antara 1.75% hingga 2.23% menunjukkan perokok ringan atau perokok pasif atau perokok yang menghirup udara berkualitas buruk (Zona kuning). Kisaran antara 11 hingga 30 ppm atau COHb% antara 2,39% hingga 5,43% menunjukkan perokok aktif (Zona

merah). Hal ini menyimpulkan terdapat perbedaan signifikan antara tidak perokok dengan perokok berat hingga tiga kali lipat (Ramani *et al.*, 2023)

Alat ini juga mampu mendeteksi kadar CO lingkungan. Ketika *Environmental Capture* diaktifkan, kadar CO latar belakang diperhitungkan saat melakukan tes napas. Jika kadar latar belakang adalah 10 ppm misalnya, maka ketika orang tersebut melakukan tes napas, pembacaan latar belakang 10 ppm ini akan diperhitungkan, yang memungkinkan setiap kemungkinan paparan lingkungan diidentifikasi dengan jelas. Kadar lingkungan ditampilkan dalam ppm (MD Diagnostic, 2022).

Cara pengukuran pada pemeriksaan ini, responden menahan napas selama 15 detik kemudian hembuskan melalui mulut dengan perlahan pada alat tabung (*mouthpiece*) sampai terdengar bunyi atau napas habis. Alat ini akan menunjukkan hasil kadar CO udara ekspirasi setelah beberapa detik (Dinkes Cimahi, 2018).

### **2.3.4 Faktor yang Meningkatkan Kadar CO dalam Tubuh**

#### **1. Kebiasaan Merokok**

Bahaya merokok bagi kesehatan disebabkan oleh adanya 7.000 bahan kimia yang terkandung dalam setiap batang rokok, beberapa di antaranya bersifat toksik, termasuk gas CO (Hanum and Wibowo, 2016). Karbon monoksida (CO) yang terhirup berikatan dengan hemoglobin (Hb), membentuk karboksihemoglobin (HbCO) (Mustofa *et al.*, 2020). HbCO mengurangi kemampuan darah mengangkut oksigen (O<sub>2</sub>) ke jaringan, sehingga suplai O<sub>2</sub> ke sel menurun. Semakin tinggi kadar HbCO dalam darah, semakin besar risiko gangguan Kesehatan (Dewanti, 2018). Seseorang yang merokok satu bungkus rokok/hari dapat memiliki kadar COHb 3% hingga 6% dalam darah, dengan dua bungkus/hari

kadarnya bisa menjadi 6% hingga 10% dan sebanyak 20% dengan tiga bungkus/hari (Bedfont, 2022).

## 2. Jenis Kelamin

Pada perempuan, waktu paruh karbon monoksida lebih singkat dibandingkan dengan laki-laki. Kapasitas vital, atau volume udara yang dapat masuk dan keluar dari paru, pada laki-laki sekitar 4-5 liter, sedangkan pada perempuan sekitar 3-4 liter (Pearce, 2016).

## 3. Masa Kerja

Masa kerja adalah suatu kurun waktu atau lamanya tenaga kerja itu bekerja disuatu tempat (Jayanti and Dewi, 2021). Masa kerja dapat menjadi faktor yang menyebabkan penurunan daya tahan tubuh jika berlangsung dalam jangka waktu yang Panjang (Mustofa and Patongai, 2020). Semakin lama seseorang bekerja di lingkungan dengan udara yang tercemar, semakin buruk dampaknya terhadap kesehatan. Bekerja dalam lingkungan berdebu untuk waktu yang lama dapat memengaruhi fungsi sistem paru (Mustofa *et al.*, 2023). Ketika seseorang menghirup udara yang mengandung debu, partikel-partikel debu akan masuk ke dalam paru dan mengendap di sana (Antari *et al.*, 2022).

## 4. Status Gizi

Asupan gizi merupakan aspek penting dalam absorpsi CO dalam tubuh. Keadaan kurang gizi meningkatkan COHb dalam darah Berdasarkan dari uji statistik penelitian Rahmah (2019) menggambarkan bahwa status gizi berhubungan dengan kadar COHb darah.

### 2.3.5 Dampak Kadar CO Tinggi terhadap Kesehatan

*World Health Organization* (WHO) menetapkan batas aman paparan karbon monoksida (CO) pada manusia: 80 ppm selama 15 menit, 48 ppm selama 30 menit, 24 ppm selama 1 jam, dan 8 ppm selama 8 jam. Tinggi rendahnya kadar CO dalam napas berkorelasi dengan kesehatan paru-paru. Kadar CO kurang dari 4 ppm dianggap normal,

4-10 ppm menunjukkan paparan polusi udara yang berlebihan, sedangkan kadar di atas 10 ppm mengindikasikan masalah kesehatan paru-paru yang serius. Masalah kesehatan yang dapat berdampak langsung pada manusia, seperti yang ditunjukkan oleh hasil pemeriksaan konsentrasi COHb dalam darah yang berkisar antara 2,1% hingga 2,9%, meliputi mata perih, mata berair, pusing, napas pendek, gangguan konsentrasi, kelelahan, mual, muntah, dan gangguan penglihatan. Penelitian menunjukkan bahwa kadar COHb yang tinggi dalam aliran darah dapat menyebabkan berbagai kondisi kesehatan, termasuk peningkatan tekanan darah sistolik dan diastolik (Rizaldi *et al.*, 2022).

Kadar karboksihemoglobin yang tinggi akan menyebabkan proses transportasi oksigen ke seluruh jaringan tubuh menjadi terhambat karena tidak memperoleh oksigen untuk melakukan proses oksidasi. Peristiwa ini dapat menyebabkan terjadinya penurunan fungsi paru sehingga terjadi keluhan subjektif pernapasan (Veronica *et al.*, 2024). Environmental Protection Agency (EPA) menjelaskan bahwa seseorang dengan kadar CO tinggi dapat mengakibatkan dampak yang fatal salah satunya penyakit jantung. Seseorang dengan penyakit jantung berisiko mendapatkan oksigen yang rendah sehingga dengan tingginya kadar CO dapat menyebabkan terjadinya angina (EPA, 2022).

### **2.3.6 Terapi dan Pencegahan Peningkatan Kadar CO dalam Tubuh**

Hal termudah saat seseorang dengan risiko paparan CO tinggi di tempat kerja adalah melindunginya dengan alat pelindung diri. Seseorang atau pekerja yang sudah terpapar jangka panjang dan memiliki kadar CO dalam tubuh yang tinggi berisiko terjadinya berbagai gejala terutama pernapasan dan kardiovaskular. Oksigenasi dapat menjadi langkah awal dalam penatalaksanaan keracunan CO atau tingginya CO dalam tubuh seseorang. Pemberian oksigenasi guna

memecah ikatan karboksihemoglobin dan melepaskan hemoglobin kembali ke aliran darah. Penatalaksanaan lain berdasarkan keluhan atau gejala yang dialami tiap pekerja. Bantuan hidup jantung dapat diberikan pada seseorang dengan gejala aritmia, bila terjadi hipotensi dapat rehidrasi dengan cairan infus, injeksi hydroxocobalamin sebagai tatalaksana asidosis metabolik dan pemberian antikonvulsan jika terindikasi kejang (Nidianti *et al*, 2023).

Pencegahan lebih baik daripada pengobatan. Seseorang dengan risiko terpapar polusi CO dapat terhindar dari berbagai akibat paparan tersebut. Alat pelindung diri berupa masker merupakan pencegahan dasar yang dapat dilakukan karena proses paparan masuk ke dalam tubuh seseorang tersering adalah melalui inhalasi (Muhith *et al.*, 2018; Soemarwoto *et al.*, 2024). Seperti halnya pada penelitian yang menilai penggunaan APD masker pada pekerja batu bata di Pringsewu yang didapatkan sebagian besar pekerja tidak menggunakan APD sehingga berisiko mengalami gangguan saluran pernapasan atau keracunan akibat debu hasil produksi (Asri *et al.*, 2024). Masker yang menutupi hidung dan mulut dimanfaatkan untuk menghindari masuknya zat-zat bahaya dan kontaminan yang berada dalam udara sehingga dapat mengurangi risiko terjadinya suatu penyakit akibat paparan tersebut (Nidianti and Yukiono, 2022).

Hal ini dapat terealisasi jika para pekerja peduli dan memiliki kesadaran masing-masing dalam melindungi tubuhnya dari paparan jangka panjang. Edukasi dapat menjadi salah satu jalan bagi pekerja untuk mengetahui pentingnya kesehatan dan risiko di tempat kerja serta mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari. Pemberian edukasi dapat dilakukan dengan tenaga kesehatan, pemilik pabrik, atau kepala desa setempat dengan pemberian brosur yang berisikan definisi karbon monoksida, sumber polusi tersebut, akibat pada tubuh pekerja, tatalaksana awal dan pencegahan yang dapat dilakukan. Peran pemilik pabrik juga penting dalam pengupayaan pencegahan

paparan pada pekerja seperti pengadaan ventilasi yang sesuai dan pembuangan limbah yang jelas. Modifikasi pabrik secara struktural dan pembagian *shift* proses pembakaran dapat dilakukan sebagai upaya menghindarnya paparan jangka panjang dari proses pembakaran. Pabrik juga dapat memasang alat detektor kadar CO sebagai monitor tinggi rendahnya CO di tempat kerja (Nidianti *et al.*, 2023).

## **2.4 Saturasi Oksigen (SpO<sub>2</sub>)**

### **2.4.1 Definisi Oksigen**

Oksigenasi, proses penyediaan oksigen bagi sel tubuh, sangat vital untuk metabolisme, kelangsungan hidup, dan fungsi organ. Oksigen, yang diperoleh dari udara melalui pernapasan, merupakan komponen kunci metabolisme sel dan esensial untuk kehidupan (Hidayat and Uliyah, 2015). Proses ini menghasilkan energi, karbon dioksida, dan air melalui pernapasan, yaitu ketika kita menghirup udara yang mengandung oksigen (O<sub>2</sub>) dari luar dan menghembuskan udara yang kaya karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sebagai hasil oksidasi yang dikeluarkan dari tubuh (Kusnanto, 2016).

### **2.4.2 Definisi Saturasi Oksigen**

Tubuh secara ketat mengatur kadar oksigen karena kekurangan oksigen (hipoksemia) dapat menyebabkan efek samping akut pada organ vital seperti jantung, otak, dan ginjal. Saturasi oksigen menunjukkan proporsi hemoglobin yang terikat oksigen. Secara molekuler, setiap molekul hemoglobin, terdiri dari empat subunit dengan masing-masing gugus heme, mampu mengikat hingga empat molekul oksigen (Hafen and Sharma, 2022).

### **2.4.3 Pengukuran**

*Pulse Oximetry* adalah salah satu alat *non-invasive* dan *portable* yang dapat digunakan dalam menilai kadar saturasi oksigen. *Pulse oximetry* dapat mendeteksi episode hipoksemia berulang akibat berkurangnya



aliran udara selama apnea, dengan tingkat akurasi 95%, sensitivitas 68%, dan spesifitas 97% (Mirwan and Margo, 2020).



**Gambar 2.6** *Pulse Oxymetry*

Berdasarkan gambar 2.6, sensor pada alat ini memanfaatkan LED (*Light Emitting Diode*) merah dan LED infra merah. Hemoglobin yang terikat dengan oksigen menyerap cahaya dengan panjang gelombang 910 nm, sementara hemoglobin yang tidak terikat dengan oksigen menyerap cahaya dengan panjang gelombang 650 nm (Dabukke *et al.*, 2020).

Saturasi oksigen normal berkisar antara 95-100%, dan pemantauan nilai ini penting karena memberikan informasi tentang bagaimana oksigen didistribusikan ke seluruh tubuh. Jika saturasi oksigen turun di bawah 85%, itu menandakan bahwa jaringan tubuh tidak mendapatkan cukup oksigen. Saturasi di bawah 70% bisa mengancam nyawa dan memerlukan pemeriksaan serta intervensi segera sesuai kebutuhan pasien. Penurunan saturasi oksigen biasanya disertai gejala seperti sesak napas, penurunan kesadaran, pusing, jantung berdebar, lemas, dan lainnya. Gejala-gejala ini menunjukkan adanya gangguan

pada organ vital akibat kekurangan oksigen (Wulandari and Wigunantiningsih, 2022). Berikut adalah tabel 2.2 yang memaparkan kategori penilaian hasil pengukuran saturasi oksigen.

**Tabel 2.2** Kategori Saturasi Oksigen (SpO<sub>2</sub>)

Saturasi Oksigen (SpO <sub>2</sub> )	
Kategori	Persentase (%)
Normal	95-100%
Tidak Normal	<95%

Sumber : Linda *et al.*, 2017

#### 2.4.4 Faktor yang Berhubungan dengan Kadar Saturasi Oksigen (SpO<sub>2</sub>)

Faktor-faktor yang memengaruhi tingkat saturasi oksigen dapat diuraikan sebagai berikut:

##### 1. Masa Paparan Karbon Monoksida (CO) dalam udara

Hipoksia jaringan dapat disebabkan oleh keracunan karbon monoksida (CO), yang mengurangi kemampuan hemoglobin (Hb) untuk mengangkut oksigen. Ini terjadi karena ikatan karbon monoksida dengan hemoglobin 250 kali lebih kuat dibandingkan dengan ikatan antara oksigen dan hemoglobin. Paparan terus-menerus terhadap karbon monoksida akan terus mengikat hemoglobin, meningkatkan kadar karbon monoksida yang terikat (COHb), sementara hemoglobin yang berikatan dengan oksigen semakin berkurang, yang pada akhirnya memengaruhi kadar saturasi oksigen (Rizaldi *et al.*, 2022). Hipoksia pada jaringan otak dapat menyebabkan kelelahan, pusing, sesak napas, dan gangguan metabolisme. Risiko terjadinya masalah kesehatan ini meningkat seiring dengan lamanya paparan terhadap gas karbon monoksida (Arba, 2017).

##### 2. Kadar Hemoglobin

Hemoglobin (Hb) merupakan protein pengikat oksigen di dalam darah yang memberinya warna merah dan bertanggung jawab atas pengangkutan oksigen ke seluruh tubuh. Kemampuan Hb mengikat

oksigen menentukan saturasi oksigen dalam darah. Pengukuran kadar Hb mencerminkan jumlah pigmen respirasi dalam sel darah merah. Kadar Hb normal sekitar 15 gram per 100 ml darah, yang sering diartikan sebagai 100% (Mirwan and Margo, 2020).

### 3. Sirkulasi Darah

Jantung, dengan empat ruangnya, berperan vital dalam sistem peredaran darah. Darah kaya oksigen dipompa dari ventrikel kiri ke seluruh tubuh, lalu kembali ke atrium kanan melalui vena cava. Darah kemudian mengalir ke paru-paru untuk pertukaran oksigen dan karbon dioksida, sebelum kembali ke jantung untuk memulai siklus berikutnya. Kesehatan sistem peredaran darah sangat penting untuk memastikan efisiensi proses ini (Mirwan and Margo, 2020).

### 4. Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik, yang mencakup gerakan tubuh yang menghabiskan energi untuk memelihara kesehatan fisik dan mental, juga memengaruhi saturasi oksigen. Aktivitas fisik meningkatkan ventilasi dan aliran darah, meningkatkan difusi oksigen ke kapiler paru dan pengikatan oksigen oleh hemoglobin. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa aktivitas fisik yang intens dapat berdampak pada tingkat saturasi oksigen (Mirwan and Margo, 2020).

### 5. Persentase Oksigen Terhirup

Aliran darah arteri ke pembuluh darah tubuh, aliran balik vena darah, dan ketepatan pengukuran juga memainkan peran dalam saturasi oksigen (Mirwan and Margo, 2020).

### 6. Kebiasaan Merokok

Rokok mengandung ribuan zat kimia berbahaya, termasuk nikotin, karbon monoksida, dan berbagai senyawa beracun lainnya (Mustofa *et al.*, 2023). Jumlah rokok yang dikonsumsi per tahun menentukan derajat keparahan kebiasaan merokok (Soemarwoto *et al.*, 2023). Perokok berat didefinisikan sebagai mereka yang menghisap lebih dari 10 batang rokok per hari atau telah merokok

dalam jangka waktu lama. Kebiasaan merokok memengaruhi saturasi oksigen dalam darah karena karbon monoksida dalam asap rokok mengikat hemoglobin, menggantikan oksigen dan membentuk karboksihemoglobin, sehingga mengurangi kemampuan darah mengangkut oksigen ke seluruh tubuh (Sudaryanto, 2017).

#### 7. Obesitas

Seseorang dengan peningkatan lemak tubuh menghadapi peningkatan risiko gangguan fungsi pernapasan, penurunan saturasi oksigen arteri, dan penurunan tekanan parsial O<sub>2</sub>. Memang benar, oksigen memainkan peran penting dalam memastikan berfungsinya setiap sel dalam tubuh (Arora and Tantia, 2019).

#### 2.4.5 Tanda dan Gejala Penurunan Saturasi Oksigen

Sianosis adalah tanda dan gejala penurunan saturasi oksigen yang ditandai dengan kebiruan pada kulit, bantalan kuku, di bawah lidah, cuping telinga, dan wajah. Warna kebiru-biruan ini terjadi akibat peningkatan jumlah hemoglobin tereduksi dalam darah (Oswari *et al.*, 2015). Sianosis juga bisa disertai dengan retensi karbon dioksida, yang menyebabkan berkeringat dan takikardia (Smeltzer and Bare, 2021). Gejala lain yang mungkin terlihat adalah wajah pasien yang tampak cemas dan lelah, serta sesak napas dengan frekuensi yang tidak normal. Pasien sering kali akan memilih posisi duduk dengan condong ke depan untuk memudahkan ekspansi rongga thoraks (Polapa *et al.*, 2022).

Penurunan saturasi oksigen akibat obstruksi jalan napas dapat mengurangi difusi oksigen, yang berujung pada hipoksemia. Jika tidak ditangani dengan cepat, hipoksemia dapat berkembang menjadi hipoksia, yaitu kekurangan oksigen pada jaringan yang mengakibatkan ketidakmampuan sel untuk menjalankan fungsi metabolisme dengan baik dan merupakan penyebab utama cedera serta kematian sel. Sel-sel tubuh bergantung sepenuhnya pada

pasokan oksigen yang konstan untuk menjalankan fungsi-fungsi vitalnya, termasuk proses pemeliharaan dan sintesis. Kekurangan oksigen (hipoksia) akan menghentikan aktivitas sel dan menyebabkan kerusakan yang dapat berujung pada kematian sel. Otak sangat rentan terhadap hipoksia; kekurangan oksigen selama lebih dari 5 menit dapat mengakibatkan kerusakan otak permanen (Anugrah and Siregar, 2023).

## **2.5 Pabrik Genteng Tradisional di Desa Bulokarto Kabupaten Pringsewu**

### **2.5.1 Profil**

Desa Bulukarto, Kabupaten Pringsewu, merupakan pusat industri rumahan genteng tanah liat. Pringsewu memiliki banyak home industri yang bergerak di bidang konstruksi, khususnya pembuatan genteng tanah liat. Desa Bulukarto, misalnya, memiliki beberapa home industri genteng dengan berbagai merek. Misalnya ada merek genteng AKUR SDH, HERY JAYA SDH, SUPER, BLKT RAHMAN SDH, dan AGUS BLKT.

Survey pendahuluan dilakukan untuk menilai faktor risiko yang terdapat pada pekerja pembakar genteng tradisional. Rata-rata pekerja lulusan SD dan SMP. Sebagian besar pekerja sudah bekerja di industri genteng sejak lulus Pendidikan terakhir.

### **2.5.2 Alur Produksi dan Aktivitas Kerja**

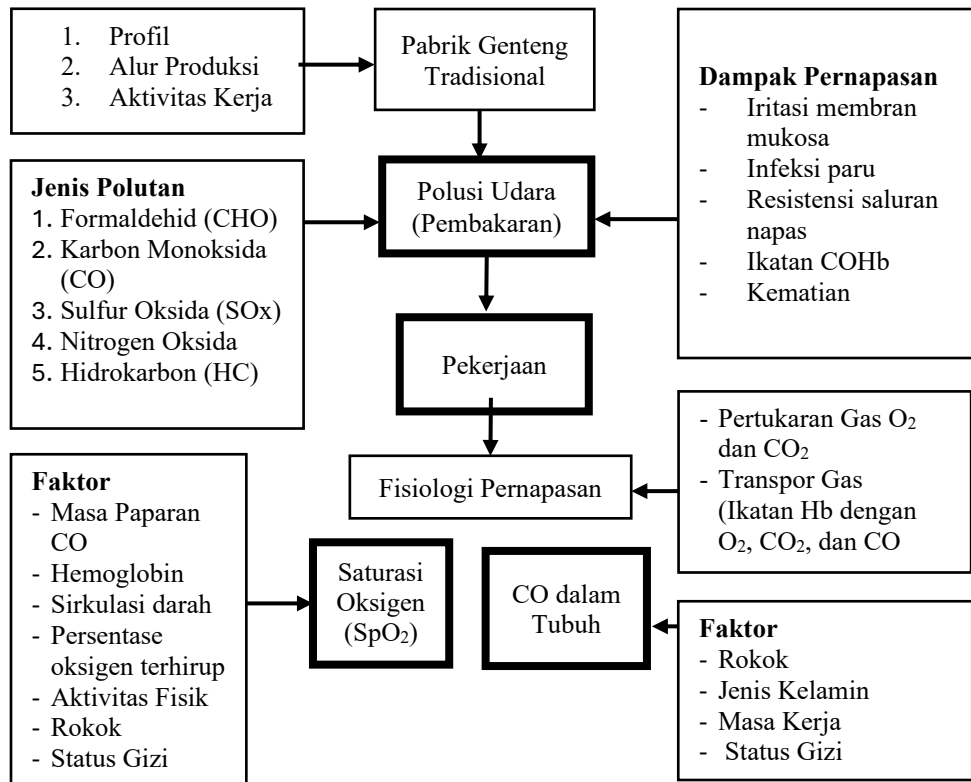
Pembuatan genteng diawali dengan tahap persiapan bahan baku. Tanah liat sebagai bahan utama dibersihkan dari pengotor, lalu dicampur air hingga membentuk adonan. Adonan tersebut kemudian diproses menggunakan mesin molen selama kurang lebih 10 menit untuk menghasilkan tekstur yang homogen, halus, dan merata. Hasilnya adalah tanah liat yang telah dicetak berbentuk kotak-kotak sesuai ukuran genteng yang akan diproduksi. Kotak-kotak tanah liat inilah yang menjadi bahan baku utama proses selanjutnya. Tahap pencetakan genteng dilakukan dengan mesin press ulir. Sebelum

diproses, kotak-kotak tanah liat tersebut diratakan terlebih dahulu agar sesuai dengan ukuran mesin press. Proses pencetakan menghasilkan genteng basah dengan bentuk yang masih belum sempurna dan memerlukan tahap finishing selanjutnya.

Setelah proses pencetakan, genteng basah selanjutnya melalui tahap perapihan. Bagian tepi genteng diratakan dan dibersihkan dari sisa-sisa tanah liat yang menempel akibat proses pengepresan sebelumnya. Proses pengeringan kemudian dilakukan dalam dua tahap. Pertama, genteng diletakkan di rak untuk diangin-anginkan selama dua hari. Tahap kedua memanfaatkan sinar matahari langsung untuk menjemur genteng selama kurang lebih enam jam, hingga mencapai tingkat kekeringan yang optimal sebelum proses pembakaran.

Genteng yang telah kering kemudian dibakar menggunakan kayu bakar dalam dua tahap. Tahap pertama, yaitu pra-pembakaran, berlangsung selama 48 jam di dalam tungku. Tahap kedua, pembakaran utama, berlangsung selama 12 jam dengan suhu yang secara bertahap dinaikkan hingga mencapai sekitar 800°C (Catatan: Suhu 8000°C tampaknya keliru dan kemungkinan besar seharusnya 800°C). Suhu tersebut kemudian dipertahankan selama proses pembakaran. Seluruh proses pembuatan genteng tradisional ini menuntut kerja fisik yang berat dari para pengrajinnya (Kemenkes, 2018).

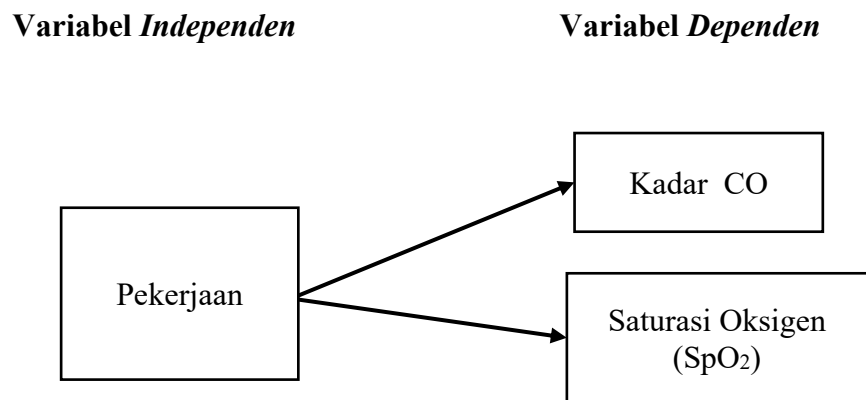
## 2.6 Kerangka Teori



**Gambar 2.7** Kerangka Teori

(Muadifah, 2019; Dewanti, 2018; Dabukke *et al.*, 2020; Suci, 2018)

## 2.7 Kerangka Konsep



**Gambar 2.8** Kerangka Konsep

## 2.8 Hipotesis

**Ho<sub>1</sub>** Tidak terdapat pengaruh pekerjaan sebagai pembakar genteng terhadap kadar CO.

**Ha<sub>1</sub>** Terdapat pengaruh pekerjaan sebagai pembakar genteng terhadap kadar CO.

**Ho<sub>2</sub>** Tidak terdapat pengaruh pekerjaan sebagai pembakar genteng terhadap saturasi oksigen.

**Ha<sub>2</sub>** Terdapat pengaruh pekerjaan sebagai pembakar genteng terhadap saturasi oksigen.



## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Jenis dan Desain Penelitian**

Penelitian ini menggunakan studi analitik observasional. Desain penelitian yang digunakan *cross sectional* dengan *control* sebagai pembanding. *Cross sectional* dilakukan karena pengukuran satu waktu. Penelitian ini digunakan untuk mengetahui adanya perbedaan kadar karbon monoksida (CO) dan saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) pada pekerja pembakar genteng tradisional yang berisiko terpapar polusi pembakaran dan pekerja non pembakar genteng yang tidak berisiko terpapar polusi pabrik (Adiputra *et al.*, 2021).

### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Pabrik Pembakar Genteng Tradisional di Desa Bulokarto Kecamatan Gading Rejo Kabupaten Pringsewu Provinsi Lampung bulan September-Oktober 2024.

### **3.3 Populasi dan Sampel**

#### **3.3.1 Populasi**

Pekerja laki-laki dewasa di Desa Bulokarto Kabupaten Pringsewu.

#### **3.3.2 Sampel**

Penelitian ini menggunakan teknik pengambilan sampel *total sampling*, yaitu semua anggota populasi yaitu 30 pembakar genteng di Desa Bulokarto, Kabupaten Pringsewu yang memenuhi kriteria inklusi dijadikan sampel. Teknik ini termasuk dalam *non-probability sampling*, di mana tidak semua anggota populasi memiliki peluang

yang sama untuk terpilih sebagai sampel, sesuai dengan definisi Sugiyono (2020). Dengan demikian, sampel penelitian ini merepresentasikan seluruh populasi pembakar genteng yang diteliti.

Pada penelitian ini, menggunakan kelompok kontrol dengan mengambil 30 sampel pekerja pembakar genteng tradisional yang tempat tinggal berjarak lebih dari 500 m dari pabrik. Maka dari itu, responden dalam penelitian ini menarik 30 pekerja pembakar pabrik genteng tradisional dan 30 pekerja non pembakar genteng tradisional sebagai kelompok kontrol.

### **3.4 Kriteria Penelitian**

#### **3.4.1 Kriteria Inklusi**

Kriteria inklusi adalah karakteristik umum subjek penelitian dari suatu populasi target yang terjangkau dan akan diteliti (Nursalam, 2017). Kriteria inklusi pada Pekerja pembakar genteng tradisional

- a. Laki-laki berusia 35-65 Tahun
- b. Perokok derajat sedang (indeks *brinkman*)
- c. Masa kerja di pabrik >5 Tahun
- d. IMT normal

Kriteria inklusi pada Pekerja non pembakar genteng tradisional

- a. Laki-laki berusia 35-65 Tahun
- b. Perokok derajat sedang (indeks *brinkman*)
- c. Jarak rumah ke pabrik >500 M
- d. IMT normal

#### **3.4.2 Kriteria Eksklusi**

- a. Responden tidak bersedia menjadi responden.
- b. Responden yang mempunyai penyakit pada saluran pernapasan seperti TB paru, asma, dan PPOK.
- c. Responden yang mempunyai penyakit jantung.

### 3.5 Identifikasi Variabel Penelitian

#### 3.5.1 Variabel *Independen*

Variabel bebas atau *independen* adalah variabel yang memengaruhi atau nilainya menentukan variabel lain (Nursalam, 2017). Variabel bebas atau *independen* dalam penelitian ini adalah pekerjaan.

#### 3.5.2 Variabel *Dependen*

Variabel terikat atau *dependen* adalah variabel yang nilainya bergantung pada variabel lain (variabel bebas). Variabel terikat diukur dan diamati untuk mengetahui apakah ada hubungan atau pengaruh dari variabel bebas (Nursalam, 2017). Variabel terikat atau *dependen* dalam penelitian ini adalah kadar karbon monoksida (CO) dan saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>).

### 3.6 Defisini Operasional

**Tabel 3.1** Definisi Operasional

Variabel	Definisi	Instrumen	Kriteria	Skala
Pekerjaan	Pekerja pabrik pembakar genteng berisiko terpapar polutan udara pada proses pembakaran.	Wawancara	Pekerja pembakar genteng tradisional  Pekerja non pembakar genteng tradisional	Nominal
Kadar CO	Mengukur kadar karbon monoksida (CO) dalam udara pernapasan dengan satuan <i>part permillion</i> (ppm)	CO Analyzer	Angka satuan <i>permillion</i> (PPM) Nilai Rujukan ppm = 1-30 Normal < 4 ppm	Rasio
Saturasi Oksigen (SpO <sub>2</sub> )	Banyaknya persentase oksigen yang mampu dibawa oleh hemoglobin yang diukur menggunakan alat yaitu oksimetri nadi yang diletakkan pada ujung jari.	Oksimetri	Persentase hasil oksimetri (%) Normal 95-100% Tidak Normal <95%	Rasio

### 3.7 Instrumen penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya:

- a. Lembar *Informed Consent*
- b. *Pulse Oxymeter*
- c. *CO Analyzer*
- d. Alat Tulis
- e. *Microtoise* dan Timbangan Berat Badan

### 3.8 Teknik pengumpulan data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang diperoleh secara langsung dari wawancara untuk identitas responden sesuai kriteria, pengukuran berat badan dan tinggi badan untuk IMT, kadar CO dengan *CO Analyzer* dan saturasi oksigen dengan *Pulse Oxymeter*.

#### 3.8.1 Identitas responden

Pada penelitian ini diperlukan identitas yang memenuhi syarat kriteria inklusi. Beberapa hal yang akan ditanyakan dalam proses wawancara adalah usia, status derajat merokok, riwayat penyakit paru, jarak tempat tinggal, masa kerja, dan pekerjaan. Selanjutnya, pengisian kuesioner kesehatan jantung.

Derajat rokok diklasifikasikan berdasarkan derajat *brinkman* dengan perhitungan jumlah rata-rata rokok yang dihisap sehari (batang) x lama merokok (tahun). Klasifikasi merokok berdasarkan indeks *Brinkman* adalah ringan (0-199), sedang (200-599), berat ( $\geq 600$ ).

#### 3.8.2 Kuisisioner Kesiapan Fisik

Kebugaran kardiorespi merupakan komponen dalam kebugaran jasmani. *Physical Activity Readiness questionnaire* (PAR-Q) adalah Kuesioner Kesiapan Aktivitas Fisik sebagai alat skrining sederhana yang dapat digunakan siapa saja untuk menilai keamanan dan risiko berolahraga berdasarkan riwayat kesehatan, gejala terkini, dan faktor risiko individu (Quinn, 2024).

### 3.8.3 Status Gizi

Pengukuran status gizi untuk menentukan IMT responden dengan pemeriksaan antropometri yaitu mengukur berat badan dan tinggi badan responden kemudian dimasukkan rumus untuk perhitungan status gizi (Widodo *et al.*, 2021)

Rumus IMT = Berat Badan (Kg) : [Tinggi Badan (M)]<sup>2</sup>

IMT Normal = 18,5-25 (Kemenkes, 2019)

### 3.8.4 Pengukuran kadar karbon monoksida (CO)

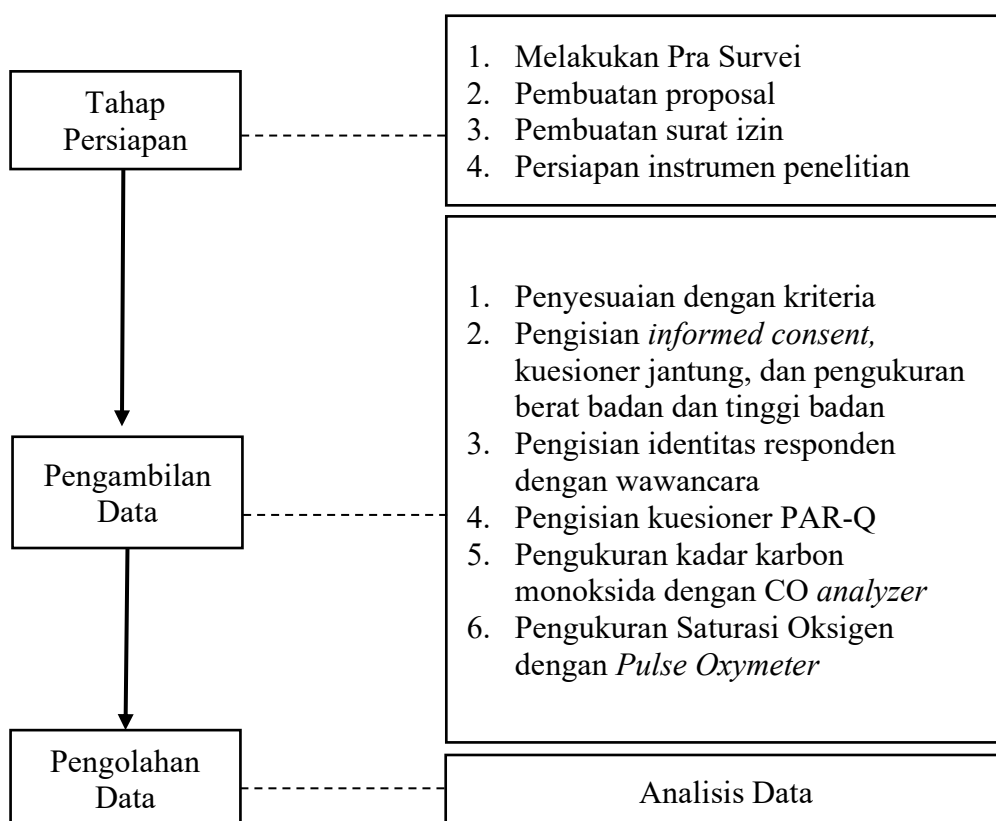
Pemeriksaan selanjutnya menggunakan CO *analyzer* yang telah terpasang *d-piece* dan *mouthpiece* untuk mengukur kadar CO dalam udara pernapasan (ppm) dan kalkulasi dalam darah (%COHb). Cara pengukuran pada pemeriksaan ini, responden menahan napas selama 15 detik kemudian hembuskan melalui mulut dengan perlahan pada alat tabung (*mouthpiece*) sampai terdengar bunyi atau napas habis. Alat ini akan menunjukkan hasil kadar CO udara ekspirasi setelah beberapa detik (Dinkes Cimahi, 2018).

### 3.8.5 Pengukuran kadar saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>)

Pengukuran kadar saturasi oksigen dengan menggunakan pulse oxymeter pada jari responden. Pulse oxymeter adalah alat yang dapat mengukur kadar oksigen dalam darah dengan menggunakan *Light Emitting Diode* (Dabukke *et al.*, 2020).

### 3.9 Alur penelitian

Metodologi penelitian bertujuan untuk menyelesaikan masalah yang ada secara terstruktur. Tahapan penelitian ini dibagi menjadi tiga tahapan yaitu tahap persiapan, pengambilan data, dan tahap pengolahan data.



**Gambar 3.1** Alur Penelitian

Berdasarkan gambar 3.1, tahap pertama dalam penelitian ini melakukan pengamatan mengenai kondisi lingkungan penelitian pada lokasi pabrik genteng tradisional di Desa Bulokarto Kab. Pringsewu. Hasil pengamatan didapatkan bahwa kondisi udara lingkungan pabrik berisiko tercemar polusi udara dari proses pembakaran genteng. Peneliti tertarik melakukan penelitian karena belum ada penelitian menilai fisiologi pernapasan berupa kadar CO dan SpO<sub>2</sub> pada pekerja pabrik yang berisiko terpapar polutan. Selanjutnya pembuatan proposal yang dimulai dari studi pustaka berisi referensi dan teori-

teori yang dibutuhkan dalam menyelesaikan laporan penelitian. Pustaka yang dibahas berkaitan dengan tema penelitian berupa polusi udara, zat polutan karbon monoksida dan saturasi oksigen. Pada tahap ini juga menentukan rumusan dan tujuan penelitian serta metode penelitian yang akan digunakan.

Tahap pelaksanaan penelitian dimulai dari penentuan responden menyesuaikan dengan kriteria, pengisian *informed consent*, pengukuran berat badan dan tinggi badan, pengisian identitas responden dengan wawancara, pengisian kuesioner, pengukuran kadar karbon monoksida dengan CO Analyzer dan pengukuran Saturasi Oksigen dengan *Pulse Oxymeter*. Tahap terakhir adalah pengolahan data serta analisis data.

### **3.10 Pengolahan dan Analisis data**

#### **3.10.1 Pengolahan Data**

Data hasil wawancara, pengukuran saturasi oksigen, dan kadar karbon monoksida akan diolah dan dianalisis lebih lanjut melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

*a. Editing*

Memeriksa atau mengoreksi kelengkapan data meliputi usia, jenis kelamin, status gizi, kadar saturasi oksigen dan kadar CO (Adiputra *et al.*, 2021).

*b. Coding*

Pengkodean data merupakan proses transformasi data kualitatif (huruf) menjadi data kuantitatif (angka) untuk memudahkan analisis data penelitian. Variabel yang telah dikumpulkan dikode ulang sesuai definisi operasional (Adiputra *et al.*, 2021).

*c. Memasukkan Data (Entry Data)*

Memasukkan data kedalam program komputer analisis statistika (Adiputra *et al.*, 2021).

d. Pemrosesan

Tahap ini melibatkan pengolahan data yang telah diinput untuk persiapan analisis lebih lanjut. Prosesnya meliputi penginputan data dari kuesioner ke dalam perangkat lunak komputer yang sesuai.

e. Tabulasi Data

Merupakan kegiatan pengelompokkan data ke dalam tabel yang berisi data sesuai dengan kebutuhan analisis (Adiputra *et al*, 2021).

### 3.10.2 Analisis Data

Analisis data meliputi beberapa tahap: pengumpulan, pengolahan, penyajian, analisis/interpretasi, dan penarikan kesimpulan. Data dianalisis menggunakan program *Statistical Product and Service Solutions (SPSS)*. Analisis data yang digunakan ialah analisis secara univariat dan bivariat.

a. Analisis Univariat

Analisis yang digunakan pada skala pengukuran kategorik dan numerik untuk melihat gambaran distribusi frekuensi dan persentase dari tiap variabel yang diteliti, baik variabel dependen (kadar karbon monoksida dan saturasi oksigen) maupun variabel independen (Pekerjaan Pembakar Genteng dan Non Pembakar Genteng). Analisis ditampilkan dalam bentuk tabel menggunakan jumlah dan persentase.

b. Analisis Bivariat

Analisis ini menggunakan *Independent T-Test* karena skala data variabel-variabel yang diteliti adalah skala kategorik-numerik. Sebelumnya lakukan uji normalitas dengan *shapiro wilk* karena kurang dari 50 sampel untuk memenuhi syarat yaitu data terdistribusi normal. Analisis variabel *Independent T-Test* digunakan karena pada variabel terdapat 2 kategori kelompok. Analisis data menggunakan tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) 0,05 dan interval kepercayaan 95%. Jika nilai p kurang dari 0,05 ( $p < 0,05$ ),



hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak dan hipotesis alternatif ( $H_1$ ) diterima, yang menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara variabel bebas dan variabel terikat yang diteliti (Adiputra *et al*, 2021).

### **3.11 Etika penelitian**

Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dengan nomor surat 5119/UN26.18/PP.05.02.00/2024.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Terdapat pengaruh pekerjaan sebagai pembakar genteng tradisional terhadap kadar karbon monoksida (CO) pada pekerja laki-laki dewasa di Desa Bulokarto Kabupaten Pringsewu. Pekerjaan sebagai pembakar genteng tradisional meningkatkan kadar karbon monoksida (CO) pekerja.
2. Tidak terdapat pengaruh pekerjaan sebagai pembakar genteng tradisional terhadap kadar saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) pada pekerja laki-laki dewasa di Desa Bulokarto Kabupaten Pringsewu.

#### **5.2 Saran**

##### **5.2.1 Bagi Peneliti Selanjutnya**

Peneliti selanjutnya diharapkan melakukan penelitian tentang faktor-faktor lain yang berhubungan dengan kadar karbon monoksida (CO) dan saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) pada pekerja laki-laki dewasa di Kabupaten Pringsewu.

##### **5.2.2 Bagi Pekerja**

Para pekerja peduli atas kesehatannya sendiri. Perlunya kesadaran diri dalam penggunaan APD seperti masker pada saat kerja dan di lingkungan kerja. Perlu juga dilakukan modifikasi pabrik dari pengurus atau pemilik pabrik dalam upaya terhindar dari asap pembakaran genteng tradisional pembuatan ventilasi pembuangan asap dan limbah pabrik, dan penghijauan untuk mengurangi pencemaran dengan menyerap polusi yang berasal asap pembakaran

genteng oleh daun-daun pepohonan hijau tersebut dan diubah menjadi oksigen, yang sangat dibutuhkan manusia untuk bernafas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiputra IMA, Siregar D, Anggraini DD, Irfandi A, Trisnadewi NW, *et al.* 2021. Statistik Kesehatan:Teori dan Aplikasi. Denpasar: Yayasan Kita Menulis. 6-10.
- Amaliah AR, Ningsi N. 2020. Hubungan Lama Paparan dan Masa Kerja dengan Keluhan Pernapasan pada Pekerja Kopra di Desa Barat Lambongan 1 Andi. *Jurnal Kesehehatan Panrita Husada*. 5(1): 32–42.
- Anandari AA, Wajdi AE, Harsono G. 2024. Dampak Polusi Udara terhadap Kesehatan dan Kesiapan Pertahanan Negara di Provinsi DKI Jakarta. *Journal on Education*. 6(2): 10868-10884.
- Antari IGAD, Permadi AW, Darmawijaya IP. 2022. Relationship of Working Period to Cardiorespiratory Endurance (VO<sub>2</sub>Max) in Street Sweeper. *Jurnal Kesehatan Sains dan teknologi (JAKASAKTI)*. 1(2): 185–194.
- Anugrah W, Siregar JH. 2023. Hubungan Merokok dengan Saturasi Oksigen dalam Darah pada Masyarakat Desa Tanjung Morawa. Ibnu Sina. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sumatera Utara*. 22(1): 1–5.
- Arba S. 2017. Effect of Carbon Monoxide in Ambient Air Toward Oxygen Saturation on Traders in the Terminal of Ternate City Promotif. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 7(2): 175–183.
- Arora S, Tantia P. 2019. Physiology of Oxygen Transport and its Determinants in Intensive Care Unit. *Indian J Crit Care Med*. 23(3): S172-S177.
- Asosiasi Pelatih Kebugaran Indonesia. 2024. Formulir Assesment APKI. tersedia dari: <https://apki.or.id/wp-content/uploads/2024/07/Formulir-Assessment-APKI-Juli-2024-v8.pdf>

- Asri EPM, Oktobiannobel J, Damhuri F, Soemarwoto RAS. 2024. Gambaran Faktor Saturasi Oksigen pada Pekerja Batu Bata di Kabupaten Pringsewu Lampung. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan*. 11(8): 1470–1477.
- Azizah SL, Oktabiannobel J, Wulandari M, Soemarwoto RAS. 2024. Gambaran Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kadar Karbon Monoksida (CO) Pada Pekerja Batu Bata Di Desa Saribumi Kabupaten Pringsewu. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan*. 11(10): 1849-1858.
- Bedfont. 2022. Micro<sup>+</sup>™ Smokelyzer. Tersedia pada: [https://www-bedfont-com.translate.google/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=id&\\_x\\_tr\\_hl=id&\\_x\\_tr\\_pto=tc](https://www-bedfont-com.translate.google/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc)
- Chalidzar F, Arnelis, Elliyanti A. 2020. Pengaruh Aktivitas Fisik Menggunakan YMCA Step Test terhadap Perubahan Kadar Gula Darah Sewaktu Pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Andalas. *Jurnal Kesehatan Andalas*. 9(1): 43-48.
- Cheng YL, Lee CY, Huang YL, Buckner CA, Lafrenie RM, Dénomée JA, *et al.* 2016. We are Intech Open , the World's Leading Publisher of Open Access Books Built by Scientists for Scientists TOP 1 %. Intech. 11(13).
- Dabukke H, Sijabat S, Adiansyah. 2020. Rancang Bangun Pulse Oximetry (SpO<sub>2</sub>) pada Alat Pasien Monitor. *Jurnal Teknologi Kesehatan dan Ilmu Sosial*. 2(2): 122–140.
- Damara DY, Wardhana IW, Sutrisno E. 2017. Analisis Dampak Kualitas Udara Karbon Monoksida (CO) Di Sekitar Jl. Pemuda Akibat Kegiatan Car Free Day Menggunakan Program Caline Dan Surfer (Studi Kasus: Kota Semarang). *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6(1): 1-11.
- Damri M, Mirna I, Dedi A. 2016. Analisis Paparan CO dan SO<sub>2</sub> Pada Petugas Parkir di Basement Mall SKA di Kota Pekanbaru. *Jurnal Dinamika Lingkungan Indonesia*. 3(1): 48-56.
- Dengo MR, Suwondo A, Suroto S. 2018. Hubungan Paparan CO terhadap Saturasi Oksigen dan Kelelahan Kerja pada Petugas Parkir. *Gorontalo Journal of Public Health*. 1(2): 78. Tersedia pada: <https://doi.org/10.32662/gjph.v1i2.347>.

- Dewanti IR. 2018. Identification of CO Exposure, Habits, COHb Blood and Worker's Health Complaints on Basement Waterplace Apartment, Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 10(1): 59. Tersedia pada: <https://doi.org/10.20473/jkl.v10i1.2018.59-69>.
- Dinas Kesehatan Kota Cimahi. 2018. Sosialisasi UBM dan Skrining Kadar CO di 4 SMA Sederajat Kota Cimahi Kerjasama Dinkes Kota Cimahi & Dinkes Provinsi Jawa Barat.
- Duan RR, Hao K, Yang T. 2020. Air Pollution and Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Chronic Diseases and Translational Medicine*. 6(4): 260–269.
- Environmental Protection Agency. Basic Information about Carbon Monoxide (CO) Outdoor Air Pollution [Internet]. 2021. Tersedia pada: <https://www.epa.gov/co-pollution/basic-information-about-carbon-monoxide-co-outdoor-air-pollution#Effects>
- Gatiningsih, Sutrisno, E. 2017. Kependudukan dan Ketenagakerjaan, Modul mata kuliah. Tersedia pada: [http://eprints.ipdn.ac.id/2402/1/Buku GATI dan EKO Kependudukan Lengkap.pdf](http://eprints.ipdn.ac.id/2402/1/Buku_GATI_dan_EKO_Kependudukan_Lengkap.pdf).
- Ginting D, Santosa I, Trigunarso S. 2022. Kadar Oksigen Darah Petugas Operator SPBU Kota Bandar Lampung Tahun 2022. *Jurnal Analis Kesehatan*. 11(2): 104-108.
- Ghosh ZA, Jan A. 2023. Fisiologi, Indeks Massa Tubuh. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL). Tersedia dari: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/translate/google/books/NBK535456/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=id&\\_x\\_tr\\_hl=id&\\_x\\_tr\\_pto=tc](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/translate/google/books/NBK535456/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc)
- Hafen BB, Sharma S. Saturasi Oksigen. 2022. Dalam: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Tersedia dari: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/translate/google/books/NBK525974/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=id&\\_x\\_tr\\_hl=id&\\_x\\_tr\\_pto=tc](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/translate/google/books/NBK525974/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc)
- Hanum H, Wibowo A. 2016. Pengaruh Paparan Asap Rokok Lingkungan pada Ibu Hamil terhadap Kejadian Berat Bayi Lahir Rendah. *Jurnal Kedokteran Unila*. 5(5): 6-10.

- Hapsari KR, Munawi HA. 2021. Pemilihan Masker Kain dalam Mencegah Penularan Virus Covid-19. *Nusantara of Engineering (NOE)*. 4(1): 45.
- Hayati SF, Shanti KR, Sulistiyowati R, Sudarsono TA. 2021. Perbedaan Kadar CarboxyHaemoglobin (COHb) dalam Darah pada Petugas Parkir di Area Terbuka dan Tertutup di Kota Purwokerto. *Jurnal Kesehatan Rajawali*. 11(2): 46-49.
- Herman A, Cahyana GH, Mulyani T. 2019. Analisis Pengukuran Konsentrasi Karbonmonoksida (CO) pada Breathing Zone Petugas Parkir Basement Mall Kota Bandung. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2(1): 42-51.
- Hidayat A, Alimul U, Musrifatul. 2015. Pengantar Kebutuhan Dasar Manusia Edisi 2. Jakarta: Salemba Medika. Hlm. 19-29.
- Hilyah RA, Lestari F, Mulqie L. 2021. Hubungan antara Kebiasaan Merokok dengan Kadar Karbon Monoksida (CO) Perokok. *Jurnal Ilmiah Farmasi Farmasyifa*. 4(1): 1-5.
- IQ Air. 2023. Negara dan Wilayah Paling Berpolusi di Dunia. Tersedia dari: <https://www.iqair.com/id/world-most-polluted-countries?srsId=AfmBOouQW1iKw-8a4a7de9Prawdrnxh2w-LJkKkofsUhoeAZUi-k6E1>
- Ismiyati D, Marlita, Aidah. 2014. Pencemaran Udara akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*. 1(3): 241-248.
- Jayanti KN, Dewi KTS. 2021. Dampak Masa Kerja, Pengalaman Kerja, Kemampuan Kerja terhadap Kinerja Karyawan. *JEMBA : Jurnal Ekonomi Pembangunan, Manajemen dan bisnis, Akuntans*. 1(2): 75-84.
- Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia. 2020. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2020 Tentang Penyimpanan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Jakarta.

- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2024. Lampung Paling Polusi di Indonesia Pagi ini. Tersedia dari: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2024/06/20/lampung-paling-polusi-di-indonesia-pagi-ini#:~:text=Berdasarkan%20halaman%20Indeks%20Standar%20Pencemar,udara%20di%20Lampung%20sebesar%20102.>
- Khairina M. 2019. Gambaran Kadar CO Udara, COHb, dan Tekanan Darah Pekerja Basement Pusat Prbelanjaan X Kota Malang. *Jurnal Kesehatan Rajawali*. 11(2): 150-157.
- Kusnanto. 2016. Modul Pembelajaran Pemenuhan Kebutuhan Oksigen. Surabaya: Fakultas Keperawatan Universitas Airlangga. Hlm. 19-37.
- Linda DU, Kathleen M, Stacy, Marry EL. 2017. *Critical Care Nursing (E-Book): Diagnosis and Management*. Kanada: Elsavier Health Science. Pp. 411-430.
- MD Diagnostics. 2022. Carbon monoxide breath test monitors. Tersedia pada: <https://www.facebook.com/photo/?fbid=1151290068771020&set=pb.100057518226107.-2207520000>
- Mirwan DM, Margo E. 2020. Hubungan Saturasi Oksigen dengan Risiko Terjadinya Obstructive Sleep Apnea pada Pria Usia 30 - 60 Tahun. *Jurnal Biomedika dan Kesehatan*. 3(2): 58–62. Tersedia pada: [https://doi.org/10.18051/jbiomedkes.2020.v3.58-62.](https://doi.org/10.18051/jbiomedkes.2020.v3.58-62)
- Muadifah A. 2019. *Pengendalian Pencemaran Lingkungan Edisi 1*. Jakarta: Media Nusa Creative. Hlm. 38-52.
- Muhith A, Hannan M, Mawaddah N, Aqnata CA. 2018. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Masker dengan Gangguan Saluran Pernapasan pada Pekerja di PT Bokormas Kota Mojokerto. *Jurnal Ilmu Kesehatan*. 3(1): 21-32.
- Mustofa S, Wardani DWSR, Muhartono, Soemarwoto RAS. 2020. Pemberdayaan Siswa sebagai Peer Educator dalam Rangka Upaya Pencegahan Perilaku Merokok Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Ruwa Jurai*. 5(1): 77-83.



- Mustofa S, Herdato MJ, Morfi CW, Saputra TA, Pratama A, Tria M, Putranata NR, Sanjaya RP, Erumbia IA. 2023. Peningkatan Pengetahuan Mengenai Manajemen Tatalaksana terhadap Pasien Penyakit Paru Obstruktif Kronik dan Tuberkulosis Paru pada Fasilitas Kesehatan Tingkat Pertama di Kabupaten Lampung Tengah. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Ruwa Jurai*. 8(2): 86-90.
- Mustofa S, Infianto A, Soemarwoto RA, Saputra TT, HS FR, Dorisman H. 2023. Aktualisasi Manajemen Tatalaksana Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) dan Asma pada Fasilitas Kesehatan Tingkat Pertama (FKTP) di Kota Metro. *JPM (Jurnal Pengabdian Masyarakat) Ruwa Jurai*. 8(2): 66-70.
- Mustofa S, Kurniawaty E, Saputra O, Wulan AJ, Nuriah N, Suharyani S. 2023. Pencegahan Perilaku Merokok Siswa Sekolah Menengah Pertama di SMP Islam Mumtaz, Bandar Lampung. *JPM (Jurnal Pengabdian Masyarakat) Ruwa Jurai*. 8(2): 37-9.
- Mustofa S, Patongai FMR. 2023. Bronkitis Akibat Kerja: Patogenesis, Diagnosis, Penatalaksanaan dan Pencegahan. *Jurnal Kesehatan dan Agromedicine*. 10(2): 27-38.
- Mustofa S, Rudyanto DFLD, Sari PW. 2023. Asbestosis, Diagnosis dan Pencegahannya. *Jurnal Kesehatan dan Agromedicine*. 10(2): 5-13.
- Mustofa S, Soemarwoto RA, Kusumajati P, Wahyu PG, Pratama A, Juhana HA, Sanjaya RP, Fitriyah F. 2023. Aktualisasi Manajemen Pencegahan serta Tatalaksana Infeksi Laten Tuberkulosis di Kabupaten Pringsewu Provinsi Lampung. *JPM (Jurnal Pengabdian Masyarakat) Ruwa Jurai*. 29(2): 28-31.
- Mustofa S. Occupational Asthma. *Jurnal Kedokteran Universitas Lampung*. 2023 Nov 29;7(2): 84-8.
- Nidianti E, Lukiyono YT. 2022. Edukasi Penggunaan Masker pada Masyarakat sebagai Upaya Preventif terhadap Infeksi Pernapasan sebagai Akibat Adanya Paparan CO di Wilayah Gresik. *SWARNA Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 1(4): 480-486.

- Nidianti E, Lukiyono YT, Ningrum HAP. 2023. Pendampingan Kesehatan dari Bahaya Paparan Gas Karbon Monoksida di Desa Simo Angin-angin, Kecamatan Wonoayu, Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Mandala Pengabdian Masyarakat*. 4(2): 408-415.
- Nirmala DS, Prasasti CI. 2015. Konsentrasi PM<sub>2,5</sub> dan Analisis Karakteristik Pekerja terhadap Keluhan Kesehatan Pekerja Pengasapan Ikan di Kelurahan Tambak Wedi Surabaya. 8(1): 57-68.
- Nuryati E. 2018. Kayu Bakar dalam Industri Pembakaran Genteng Diduga sebagai Penyebab Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA). *Jurnal Wacana Kesehatan*. 2(2): 219–223. Tersedia pada: <https://doi.org/10.52822/jwk.v2i2.52>.
- Nursalam. 2017. *Metodologi Penelitian Ilmu Keperawatan 4th ed.* Jakarta : Salemba Medika. Hlm. 99—125.
- Nulrsalam LO, Rahmawati N. 2019. Dampak Pelnambahan Batul Bata Telrhadap Kondisi Fisik Lingkungan Masyarakat Delsa Kontulmelrel Kelcamatan Kabawo. *Jurnal Pelnelitian Pelndidikan Gelografi*. 4(2): 156–173.
- Oswari H, Djer M, Salamia N, Soebadi A, Puspitasari H. 2015. Menuju Diagnosis: pemeriksaan apa yang perlu dilakukan. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Hlm. 9-12.
- Pearce EC. 2016. *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama. Hlm. 211-224.
- Pinugroho BS, Kusumawati Y. 2017. Hubungan Usia, Lama Paparan Debu, Penggunaan APD, Kebiasaan Merokok dengan Gangguan Fungsi Paru Tenaga Kerja Mebel di Kec. Kalijambe Sragen. *Jurnal Kesehatan*. 10(2): 37–46. Tersedia pada: <https://doi.org/10.23917/jk.v10i2.5529>
- Polapa D, Purwanti NH, Apriliawati A. 2022. Fisioterapi Dada terhadap Hemodinamik dan Saturasi Oksigen pada Anak dengan Pneumonia. *Jurnal Keperawatan Silampari*. 6(1): 818–827.

- Poty PM, Mustofa S, Kurniawaty E, Soleha TU. 2024. Mekanisme Kerja & Penggunaan Klinis N-Acetylcystein (NAC) Pada Penyakit Paru & Saluran Napas. *Medical Profession Journal of Lampung*. 14(5): 912-918.
- Putra MR. 2016. Analisis Dispersi Emisi Hidrokarbon pada Onshore Receiving Facilities Menggunakan ALOHA 5.4.5. *Jurnal Teknik ITS*. 5(2): 4–8. Tersedia pada: <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.16316>.
- Putra BH, Afriani R. 2017. Kajian Hubungan Masa Kerja, Pengetahuan, Kebiasaan Merokok, dan Penggunaan Masker dengan Gejala Penyakit ISPA pada Pekerja Pabrik Batu Bata Manggis Gantiang Bukittinggi. *Human Care Journal*. 2(2): 48–54.
- Quinn E. 2024. Haruskah Anda Mengikuti PAR-Q (Kuesioner Kesiapan Aktivitas Fisik)? Tersedia dari [https://www-verywellfit-com.translate.googleusercontent.com/physical-activity-readiness-questionnaire-3120277?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=id&\\_x\\_tr\\_hl=id&\\_x\\_tr\\_pto=tc](https://www-verywellfit-com.translate.googleusercontent.com/physical-activity-readiness-questionnaire-3120277?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc)
- Rahmah SN. 2019. Hubungan Paparan Gas CO (Karbon Monoksida) di Udara dengan Kadar COHb Darah Petugas Parkir Basement di Mall Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 11(3): 225-233.
- Ramani VK, Mhaske M, Naik R. 2023. Assessment of Carbon Monoxide in Exhaled Breath using the Smokerlyzer Handheld Machine: A Cross-Sectional Study. *Tob Use Insights*.
- Rizaldi MA, Azizah R, Latif MT, Sulistyorini L, Salindra BP. 2022. Dampak Paparan Gas Karbon Monoksida terhadap Kesehatan Masyarakat yang Rentan dan Berisiko Tinggi. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 21(3): 253-265.
- Rizaldi MA, Ma'rufi I, Ellyke. 2021. Hubungan Kadar CO Udara dengan Kadar Karboksihemoglobin pada Pedagang Kaki Lima Sekitar Traffic Light. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 20(2): 104-111.
- Rosari KA, Junaidi, Ali Z. 2020. Saturasi Oksigen pada Petugas di Terminal yang Terpapar Karbon Monoksida Udara. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 17(1): 1-16.

- Rosyidah M. 2016. Polusi Udara dan Kesehatan Pernafasan. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*. 1(2): 1–5.
- Ruviana R, Setyawan A, Musniati N. 2022. Relationship of Exposure to Carbon Monoxide and Other Factors with Blood Pressure of Motorcycle Workshop Workers in Pancoran Mas Subdistrict, Depok City. *Jurnal Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan*. 3(1): 45–51. Tersedia pada: <https://doi.org/10.25077/jk31.3.1.45-51.2022>.
- Saputri EC, Ladyani F, Triswanti N, Lyanda A. 2024. Gambaran Lama Merokok terhadap Indeks Massa Tubuh (IMT) dan Penyakit Paru di Rumah Sakit Pertamina Bintang Amin Husada Bandar Lampung. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan* 11(10): 2012-2020.
- Shraufnagel DE, Balmes JR, Cowl CT, Matteis S, Jung SH, Mortimer K, *et al.* 2019. Air Pollution and Noncommunicable Diseases: A Review by the Forum of International Respiratory Societies Environmental Committee, Part 1: The Damaging Effects of Air Pollution. *Chest*. 155(2): 409–416. Tersedia dari: <https://doi.org/10.1016/j.chest.2018.10.042>
- Septia N, Wungouw H, Doda V. 2016. Hubungan Merokok dengan saturasi Oksigen pada Pegawai di Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi Manado. *Jurnal e-Biomedik*. 4(2): 2–7. Tersedia pada: <https://doi.org/10.35790/ebm.4.2.2016.14611>.
- Sherwood L. 2016. *Human Physiology from Cells to Systems* 9 ed. USA: Nelson Education. Pp. 482-515.
- Sihombing OE, Andaria AJ, Pascoal KG. 2022. Kadar Karboksihemoglobin (COHb) Pada Petugas Lalu Lintas Angkutan Jalan (LLAJ) Dinas Perhubungan Kota Manado. *Indonesian Journal of Medical Laboratory Technology*. 1(2): 16-22.
- Smeltzer SC, Bare BG. 2019. *Buku Ajar Keperawatan Medikal Bedah* Brunner & Suddarth. Jakarta: EGC. Hlm. 179-195.
- Soemarwoto RAS, Mustofa S, Sinaga F, Rusmini H, Morfi CW, Febriani N. 2019. Hubungan Penyakit Paru Obstruksi Kronik (PPOK) dengan Indeks Massa Tubuh (IMT) di Klinik Harum Melati Pringsewu Tahun 2016-2017. *JK Unila*. 3(1): 73-77.

- Soemarwoto RA, Ekawati D, Latief AN, Rusmini H, Megantara GK, Febrihartati I, Putranta NR, Wisnugroho C. 2024. Sarana Hidup Bugar Bersama (SIGER) Pulmonila sebagai upaya Menjaga Kebugaran dan Kesehatan PPDS Fakultas Kedokteran Universitas Lampung. JPM (Jurnal Pengabdian Masyarakat) Ruwa Jurai. 30;9(1) :120-5.
- Soemarwoto RAS, Sinaga F, Oktobiannobel J, Shodikin KA. 2023. Perbedaan Kadar Saturasi Oksigen Pada Siswa Kelas 6 SD Perokok Aktif, Perokok Pasif Dan Bukan Perokok Di Kabupaten Pringsewu. Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan. 10(7) : 2431-2436.
- Soemarwoto RAS, Sinaga F, Oktobiannobel J, Zahra SFA. 2022. Hubungan Ketepatan Teknik Penggunaan Inhaler Dengan Hasil Uji Spirometri Pada Pasien Asma Di Klinik Harum Melati Dan RSUD Wisma Rini Kabupaten Pringsewu. Medical Profession Journal of Lampung. 12(2): 254-260.
- Suci G. 2018. Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Saturasi Oksigen pada Pekerja Tambal Ban di Daerah Mugas Semarang. Artikel Ilmiah Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Susanto AD, Purwitasari M, Antariksa B, Soemarwoto RA, Mustofa S. 2018. Dampak Polusi Udara terhadap Asma. Jurnal Kedokteran Universitas Lampung. 2(2): 162-173.
- Sudalma S, Sumarni S. 2022. Interferensi Metabisulfit pada Pengukuran Kadar Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) di Udara Menggunakan Metode Tetrachloromercurat/Parasosanilin. Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan. 4(1): 36–41.
- Sudaryanto WT. 2017. Hubungan antara Derajat Merokok Aktif, Ringan, Sedang dan Berat dengan Kadar Saturasi Oksigen dalam Darah (SpO<sub>2</sub>). Jurnal Ilmu Kesehatan. 6(1): 51–61.
- Sugiyono. 2020. Metode Penelitian Kualitatif. Bandung: Alfabeta. Hlm. 126-143.

- Tangdiongga RR, Mandey LC, Lumoindong F. 2015. Kajian Analisis Kimia Formaldehida dalam Peralatan Makan Melamin secara Spektrofotometri Sinar Tampak. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 3(1): 1–6.
- Veronica Y, Nurmaini, Chahaya I, Indirawati SM. 2024. Analisis paparan karbon monoksida (CO) dengan keluhan subjektif pernapasan pada penjual satai di Kota Duri tahun 2023. *TROPHICO: Tropical Public Health Journal*. 4(1): 35-43
- Warma A, Munir SM, Bebasari E. 2015. Gambaran Derajat Berat Merokok Berdasarkan Kadar CO pada Perokok di Poli Paru RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau. *JOM FK*. 2(2): 1-5
- Widhiyanti E, Widowati E, Fibriana AI. 2015. Perbedaan Jarak Tempat Tinggal dari Lokasi Industri Genteng terhadap Penurunan Fungsi Paru Penduduk di Desa Kedawung Kecamatan Pejagoan Kabupaten Kebumen. *Unnes Journal of Public Health*. 3(1): 41.
- Widodo T, Ferdiansyah I, Prasetyo A. 2021. Perancangan Ulang Produk Os Table dengan Menggunakan Metode Antropometri. *Journal Industrial Manufacturing*. 6(1): 57–71.
- World Health Organization. 2023. Polusi Udara. Tersedia dari: [https://www-who-int.translate.google/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=id&\\_x\\_tr\\_hl=id&\\_x\\_tr\\_pto=tc&\\_x\\_tr\\_hist=true#tab=tab\\_2](https://www-who-int.translate.google/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc&_x_tr_hist=true#tab=tab_2)
- Wulandari T, Wigunantiningih A. 2022. Pengaruh Aktivitas Fisik terhadap Saturasi Oksigen pada Relawan Sar Karanganyar. *Link*. 18(2): 113–118.